

TUGAS AKHIR

**PENERAPAN METODE ANALISA MANFAAT BIAYA PADA
PERENCANAAN JALUR EVAKUASI MENGGUNAKAN
JALUR FLEXIBLE PAVEMENT
(*APPLICATION OF THE BENEFITS ANALYSIS METHOD IN
EVACUATION PATH PLANNING USING THE FLEXIBLE
PAVEMENT ROAD*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Ary Bagus Setiawan
13511184**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2019**

TUGAS AKHIR

PENERAPAN METODE ANALISA MANFAAT BIAYA PADA PERENCANAAN JALUR EVAKUASI MENGGUNAKAN JALUR FLEXIBLE PAVEMENT (APPLICATION OF THE BENEFITS ANALYSIS METHOD IN EVACUATION PATH PLANNING USING THE FLEXIBLE PAVEMENT ROAD)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat S1 Teknik Sipil**

Disusun oleh

**Ary Bagus Setiawan
13511184**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 17 september 2019

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Penguji 1

Penguji 2

Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. Rayendra, S.T., M.T. Adityawan Sigit, S.T., M.T.
NIK: 005110101 NIK: 155110104 NIK: 155110108

Mengesahkan,

Ketua Progam Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT.
NIK: 885110101





TUGAS AKHIR

**PENERAPAN METODE ANALISA MANFAAT BIAYA PADA
PERENCANAAN JALUR EVAKUASI MENGGUNAKAN
JALUR FLEXIBLE PAVEMENT
(APPLICATION OF THE BENEFITS ANALYSIS METHOD IN
EVACUATION PATH PLANNING USING THE FLEXIBLE
PAVEMENT ROAD)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat S1 Teknik Sipil**

Disusun oleh

**Ary Bagus Setiawan
13511184**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 17 september 2019

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 005110101

Penguji I

Ravendra, S.T., M.T.
NIK: 155110104

Penguji 2

Adityawan Sigit, S.T., M.T.
NIK: 155110108

Mengesahkan,



Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, MT.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Proposal Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Proposal Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Proposal Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 13-09-2019



Ary Bagus Setiawan
(13511184)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Perbedaan Penelitian	9
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Manajemen	10
3.2 Proyek	10
3.3 Manajemen Proyek	10
3.4 Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan	10
3.4.1 Perkerasan Lentur	11
3.5 Struktur Perkerasan Lentur	12
3.5.1 Tanah Dasar	13

3.5.2 Lapis Pondasi Bawah	13
3.5.3 Lapis Permukaan	14
3.6 Metode Analisa Komponen Perkerasan Bina Marga 2017	14
3.6.1 Umur Rencana	15
3.6.2 Lalu Lintas.....	16
3.6.3 Faktor Lajur.....	18
3.6.4 Perkiraan Faktor Ekvivalen Beban.....	19
3.6.5 Modulus Beban.....	22
3.6.6 Beban Lalu Lintas.....	23
3.6.7 Desain Perkerasan.....	24
3.7 Ekonomi Teknik.....	27
3.8 Analisis Manfaat Biaya.....	28
3.9 Manfaat.....	29
3.9.1 Biaya Operasi Kendaraan Tidak Tetap.....	32
3.10 Biaya.....	41
3.10.1 Biaya Langsung.....	42
3.10.2 Biaya Siklus Hidup.....	43
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	43
4.1 Metode yang Digunakan	43
4.2 Objek Penelitian	43
4.3 Mencari Data atau Informasi.....	44
4.4 Cara Olah Data	44
4.5 Bagan Alir Penelitian	46
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	47
5.1 Data Penelitian.....	47
5.1.1 Data Lalu Lintas	47
5.1.2 Data Nilai CBR.....	48
5.2 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur.....	48
5.2.1 Metode Bina Marga 2017	48
5.3 Analisis Biaya.....	55
5.3.1 Perhitungan Volume Pekerjaan.....	55

5.3.2 Analisis Harga Satuan Lapis Pondasi Agregat Kelas A	55
5.3.3 Analisis Harga Satuan AC-BASE	59
5.3.4 Analisis Harga Satuan AC-WC	64
5.3.5 Biaya Siklus Hidup.....	69
5.4 Analisis Manfaat.....	74
5.4.1 Perhitungan BOK <i>Without Project</i>	74
5.4.2 Perhitungan BOK <i>with Project</i>	83
5.4.3 Biaya Penghematan BOK.....	86
5.5 Analisis Manfaat Biaya.....	90
5.6 Pembahasan.....	90
5.6.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur.....	91
5.6.2 Biaya Langsung dan Siklus Hidup Perkerasan.....	91
5.6.3 Manfaat Penghematan Biaya Operasi Kendaraan Tidak Tetap....	92
5.6.4 Kelayakan Ekonomi Berdasarkan Rasio B/C-R.....	92
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	94
6.1 Kesimpulan.....	94
6.2 Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA.....	96



ABSTRAK

Infrastruktur berperan penting sebagai suatu sistem yang dirancang dan dilaksanakan sedemikian rupa guna pelayanan kebutuhan dasar publik. Salah satu dari infratraktur yang berperan penting tersebut adalah dalam bidang transportasi yakni jalan umum. Ruas jalan Balong-Plosokerep merupakan satu dari sekian ruas jalan kabupaten di Kabupaten Sleman yang masuk dalam kondisi rusak atau rusak berat. Oleh karena itu dibutuhkan suatu penelitian guna mengetahui desain tebal perkerasan jalan yang dibutuhkan, biaya konstruksi pekerjaan, biaya siklus hidup perkerasan selama umur rencana, manfaat yang dihasilkan serta kelayakan ekonomi ruas jalan tersebut sebelum dibangun kembali.

Pembangunan Konstruksi Bangunan Desain Perkerasan Jalan Lentur mendefinisikan perkerasan jalan sebagai struktur jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang terletak di atas tanah dasar dengan pedoman PT T-01-2002-B yang diterbitkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. Sedangkan untuk menghitung biaya konstruksi pekerjaan digunakan pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bina Marga tahun 2017. Terakhir, untuk mengetahui kelayakan ekonomi ruas jalan tersebut digunakan metode Analisa Manfaat-Biaya sebagai pendekatan dalam menilai kelayakan suatu proyek yang ditujukan untuk kepentingan umum. Data yang dibutuhkan untuk merancang tebal perkerasan jalan adalah data lalu lintas yang diasumsikan sama seperti ruas jalan Suruh-Singlar. Sedangkan untuk menghitung biaya konstruksi pekerjaan digunakan data harga satuan upah, bahan dan alat pada tahun 2018/2019. terakhir guna menaksir biaya perawatan tahun ke-0 atau tahun awal umur rencana dari tahun perawatan ke-n. Guna menghitung biaya operasi kendaraan digunakan data harga satuan komponen unit-unit biaya operasi kendaraan seperti harga bahan bakar, oli, kendaraan, ban dan lain-lain berdasarkan survei harga pasaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tebal perkerasan lentur yang dibutuhkan adalah AC-WC 3cm, AC-BASE 3,5 cm, dan lapis pondasi kelas A 25cm. Biaya konstruksi yang dibutuhkan untuk membangun perkerasan lentur tersebut adalah sebesar siklus hidup Rp4.176.979.722,00. perkerasan selama umur rencana adalah sebesar Rp5.057.844.104,00. Manfaat yang diperoleh dari segi penghematan biaya operasi kendaraan biaya tidak tetap adalah sebesar Rp12.008.312.381,00.

Kata kunci :Analisis manfaat biaya, biaya siklus hidup, perkerasan lentur.

ABSTRACT

Infrastructure plays an important role as a system designed and implemented in such a way as to provide basic public services. One of the infrastructure that plays an important role is in the field of transportation, namely public roads. The Balong-Plosokerep road section is one of the regency road segments in Sleman Regency that are in a damaged or severely damaged condition. Therefore, a study is needed to determine the design of required pavement thickness, construction costs, life cycle costs of the pavement during the life of the plan, the benefits generated and the economic feasibility of the road before it is rebuilt.

Development of Building Construction The Pavement Design of Pavenet defines road pavement as a road structure intended for traffic located on the subgrade with PT T-01-2002-B guidelines issued by the Directorate General of Highways of the Ministry of Public Works. Meanwhile, to calculate the construction construction costs, the Bina Marga 2017 Work Unit Price Analysis guidelines are used. Finally, to find out the economic feasibility of the road segment, the Cost-Benefit Analysis method is used as an approach in assessing the feasibility of a project aimed at public interest. The data needed to design the thickness of road pavement is the traffic data that is assumed to be the same as the Suruh-Singlar road segment. Whereas to calculate construction work costs, data on unit prices of wages, materials and tools are used in 2018/2019. the last is to estimate the care costs for the 0 year or the initial year of the plan from the ninth year of care. In order to calculate the vehicle operating costs, the unit price data of units of vehicle operating costs are used, such as the price of fuel, oil, vehicles, tires and others based on market price surveys.

The results showed that the required flexible pavement thickness was AC-WC 3cm, AC-BASE 3.5 cm, and class A foundation layer 25cm. The construction cost needed to construct the rigid pavement is as big as the life cycle of Rp4.176.979.722,00. flexible pavement the planned life of Rp5.057.844.104,00. The benefits obtained in terms of savings in operating costs for non-fixed costs are Rp12.008.312.381,00.

Keywords: *Analysis of cost benefits, life cycle costs, flexible pavement.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menjadi salah satu negara yang rentan mengalami bencana alam yang disebabkan oleh banjir, tsunami, gempa bumi, tanah longsor, letusan gunung berapi. Frekuensi kejadian bencana tersebut bisa dikatakan tidak sedikit, dalam hal ini kesiapan tindakan yang dilakukan dalam rangka mengantisipasi suatu bencana untuk memastikan bahwa tindakan yang dilakukan dapat dilaksanakan secara tepat dan efek setelah bencana dapat dikendalikan dengan efisien upaya pemulihan kembali ke kondisi normal.

Bencana alam adalah konsekuensi dari kombinasi aktivitas alami (suatu peristiwa fisik seperti, letusan gunung berapi, gempa bumi, tanah longsor, dll) dan aktivitas manusia. Salah satunya adalah Propinsi DIY, dimana secara geografis terletak pada $7^{\circ}33' - 8^{\circ}15' \text{ LS}$ dan $110^{\circ}5' - 110^{\circ}50' \text{ BT}$. Provinsi ini sebesar 3.185,81 km² atau 0,17% dari luas wilayah Indonesia. Secara geologis Yogyakarta terletak pada cekungan yang sudah terisi oleh material vulkanik. Gunung Merapi yang kadang kala menunjukkan aktivitasnya ditandai dengan gempa-gempa mikro di sekitar zona tersebut.

Erupsi letusan Gunung Merapi pada tahun 2010 dengan intensitas yang besar memberikan dampak tantangan untuk melakukan antisipasi evakuasi kedepannya. Jalur evakuasi haruslah dapat melayani masyarakat dengan cepat dan efisien. Standar Jalur evakuasi dan titik kumpul telah ditentukan oleh instansi pemerintah seperti Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dan Badan Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian dan Bencana Geologi (BPPTKG) dengan parameter-parameter yang telah ditentukan menjadi acuan tingkat keefektifan jalur evakuasi tersebut.

Pengerjaan Jalur evakuasi dibuat berdasarkan ketentuan serta pertimbangan yang matang untuk dapat memfasilitasi masyarakat terdampak bencana.

Jalur evakuasi yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat bertujuan untuk meminimalisir kerugian dan jumlah korban yang diakibatkan oleh bencana. Dengan adanya jalur evakuasi diharapkan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana sehingga tindakan cepat bagi masyarakat untuk menyelamatkan diri dan mengamankan harta benda saat adanya peringatan dini bencana Gunung Merapi.

Permasalahan yang timbul akibat meningkatnya volume kendaraan berat pada ruas yang menggunakan jenis perkerasan lentur (flexible pavement) ini berdampak pada kondisi jalan tersebut mengingat ruas jalan tersebut merupakan jalur evakuasi yang sangat penting peranannya. Secara visual kondisi perkerasannya mengalami kerusakan seperti: retak-retak, berlubang, dan bergelombang. Untuk itu perlu dilakukan evaluasi kerusakan jalan, jenis kerusakan dan tingkat kerusakan jalan tersebut. Dimana jalur tersebut sangat tidak nyaman untuk digunakan warga sekitar atau kendaraan lainnya.



Gambar 1.1 Gambar Jalur Evakuasi Balong - plosokerep

(Sumber: Dokumentasi, 2019)

Secara umum penyebab kerusakan jalan ada berbagai sebab yakni umur rencana jalan yang telah dilewati, genangan air pada permukaan jalan akibat drainase yang kurang baik, beban lalu lintas yang berlebihan (overloaded) yang menyebabkan umur pakai jalan lebih pendek dari perencanaan. Perencanaan yang tidak tepat, pengawasan yang kurang baik dan pelaksanaan yang tidak sesuai dengan rencana. Selain itu minimnya biaya pemeliharaan, serta penanganan yang kurang cepat dan tepat juga menjadi penyebabnya. Oleh sebab itu disamping direncanakan secara tepat jalan harus dipelihara dengan baik agar dapat melayani pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat disimpulkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain jalur evakuasi Balong - Plosokerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?
2. Bagaimana menghitung biaya konstruksi (*initial cost*) yang sesuai pada jalur evakuasi Balong - Plosokerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?
3. Bagaimana menghitung manfaat (*benefit*) jalur evakuasi Balong - Plosokerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengkaji perkerasan lentur pada jalan lentur. Dengan detail sebagai berikut:

1. Memperoleh desain jalur evakuasi Balong - Plosokerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?
2. Mengetahui biaya konstruksi konstruksi (*initial cost*) yang sesuai pada jalur evakuasi Balong - Plosokerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?
3. Mengetahui manfaat (*benefit*) jalur evakuasi Balong - Plosokerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?

1.4 Batasan Penelitian

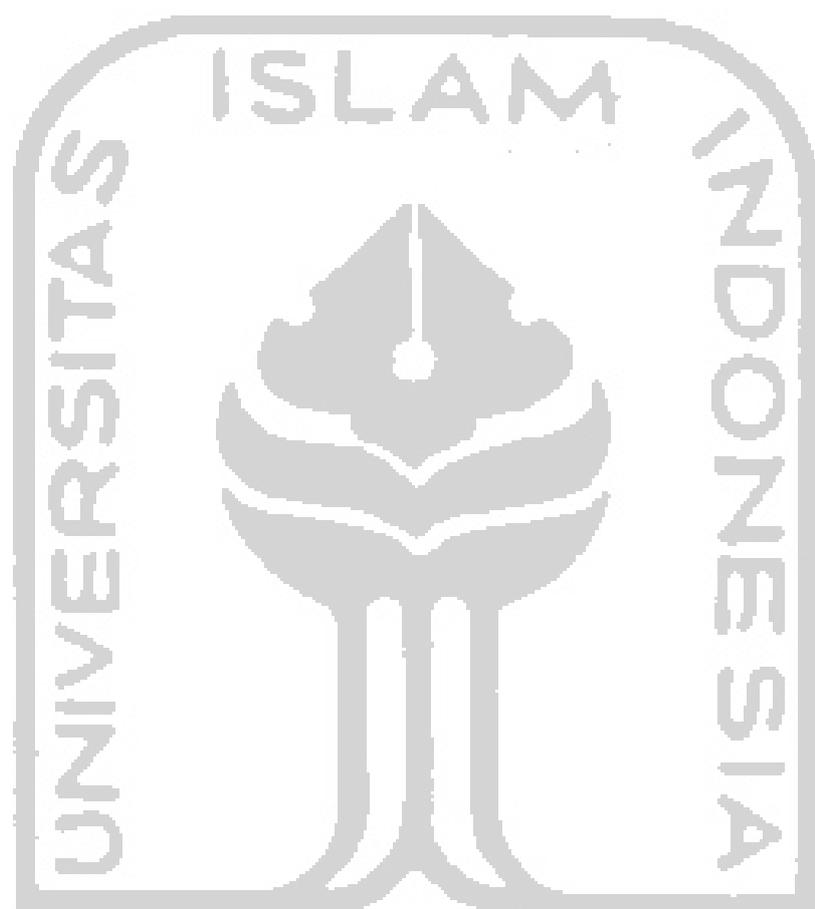
Batasan-batasan dalam penelitian proyek dijabarkan sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian berada di jalur evakuasi Balong-Plosokerep, desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta di Daerah Istimewa Yogyakarta
2. Perkerasan yang digunakan ialah perkerasan lentur beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya.
3. Pedoman perencanaan tebal perkerasan lentur Pt T-01-2002-B Bina Marga 2017
4. Biaya yang dianalisa ialah biaya konstruksi dan biaya siklus hidup.
5. Perencanaan anggaran biaya menggunakan permen PU PR no 28 tahun 2017
6. Manfaat yang dianalisa ditinjau dari aspek penghematan biaya operasi kendaraan biaya tidak tetap.
7. Jalur evakuasi yang direncanakan menggunakan jalur yang sudah ada.
8. Hanya menghitung tebal perkerasan tanpa memperhitungkan campuran agregat.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilaksanakannya penelitian ini penulis berharap dapat memberikan kontribusi berupa ide dan gagasan bagi penulis maupun pembaca. Manfaat tersebut diantaranya yaitu:

1. Bagi peneliti, sebagai pengetahuan serta pengalaman mengenai kondisi ril yang terjadi di lapangan, juga sebagai referensi data studi proposal Tugas Akhir.
2. Bagi mahasiswa, menambah wawasan bagi pembaca mengenai kasus studi jalan dengan perkerasan lentur.
3. Bagi masyarakat umum, diharapkan penelitian ini memberikan studi kelayakan proyek pembangunan infrastruktur di ruas jalan Daerah Istimewa Yogyakarta.
4. Bagi pemerintah, sebagai masukan terkait penanganan jalan rusak, Penelitian ini juga diharapkan dapat mengestimasi kelayakan proyek dari segi ekonomi sehingga dapat memberikan pertimbangan bagi aparaturnya di Daerah Istimewa Yogyakarta untuk mengambil keputusan.



جامعة الإسلام في إندونيسيا

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Muthaher (2012), hasil penelitian menunjukkan bahwa tebal perkerasan kaku yang dibutuhkan adalah setebal 200mm dengan lapis pondasi Cement Treated Subbase setebal 100mm. menyimpulkan bahwa dari hasil pengelolaan data manfaat biaya (*benefit*) yang diterima dengan adanya jalan di dusun Balong-Ploso kerep adalah maka total penghematan BOK tidak tetap jika dibangun jalan baru adalah sebesar Rp3.761.807.648,00. Berdasarkan perhitungan biaya dan manfaat diperoleh biaya nilai sekarang (*present value cost*) dari perkerasan jalan baru sebesar Rp5.839.669.932,00. Sedangkan untuk manfaat nilai sekarang (*present value benefit*) adalah sebesar Rp3.761.807.648,00. Maka diperoleh nilai rasio B/C sebesar 0,644. Berdasarkan pada pedoman AHSP Bidang Bina Marga maka analisa harga satuan pekerjaan paling besar adalah pekerjaan mobilisasi sebesar Rp34.885.000,00. Sedangkan harga satuan paling kecil adalah pekerjaan batang pengikat sebesar Rp12.837,62. k/g. Sedangkan untuk biaya total pekerjaan tiap divisi dengan presentase terbesar yaitu divisi 5 Perkerasan Beton Semen dan divisi 3 pekerjaan Drainase dengan masing-masing presentase 58,238% dan 25,064% dari biaya kontruksi. Berdasarkan table total biaya kontruksi perkerasan kaku adalah sebesar Rp5.009.032.964,00. (termasuk PPN 10%). Artinya, permeter panjang perkerasan tersebut dikenakan biaya sebesar Rp5.009.032.964,00.

Hasibuan (2009) dalam penelitian berjudul “ Evaluasi Kinerja Lalu Lintas dan kondisi Pekerjaan Pada Jalur Evakuasi Merapi ” Penelitian diawali dengan melakukan pemeriksaan di lapangan, Prosedur untuk tingkat pelayanan jalan meliputi kapasitas, derajat kejenuhan dan kecepatan berdasarkan MKJI (1997). Setelah kapasitas jalan telah diketahui maka langkah selanjutnya adalah mengestimasi waktu evakuasi penduduk. menyimpulkan bahwa Ruas Jalan Jamblangan-Ngepring, Desa Purwobinangun adalah Nilai derajat kejenuhan (DS)

pada kondisi normal diperoleh sebesar 0,24 dan pada kondisi evakuasi sebesar 0,43. Nilai derajat kejenuhan yang diperoleh sudah memenuhi kriteria kelayakan jalan yang ditetapkan oleh MKJI 1997 sebesar 0,75, sedangkan tingkat pelayanan ruas Jalan Jamblang- Ngepring pada kondisi normal tergolong dalam tingkat pelayanan B, sedangkan saat evakuasi adalah pada tingkat pelayanan C. Dari hasil analisis diperoleh alternatif skenario 2 lebih efektif pada saat proses evakuasi dimana waktu yang dibutuhkan lebih cepat yaitu 22,71 menit, sedangkan pada alternatif skenario 1 waktu yang dibutuhkan 25,8 menit, sedangkan untuk jumlah jiwa yang dapat dievakuasi, alternatif skenario 1 lebih efektif karena jumlah penduduk yang dapat ditampung lebih besar yakni 3879 jiwa dibandingkan pada alternatif skenario 2 yaitu 3199 jiwa. Nilai kinerja perkerasan jalan secara struktural dinyatakan dengan nilai Present Serviceability Index (PSI) untuk arah Jamblangan-Ngepring sebesar 2,471 dengan rating fair (cukup baik) dan arah Ngepring-Jamblangan sebesar 1,918 rating poor (jelek). Dari hasil evaluasi diketahui kondisi struktural lapis perkerasan saat ini tersisa 24,71 % untuk lapis permukaan, 95 % untuk lapis pondasi atas, dan 100 % untuk lapis pondasi bawah. Peningkatan umur rencana selama 10 tahun yang dievaluasi berdasarkan nilai PSI menggunakan Metode Analisa Komponen (Bina Marga 1987) membutuhkan lapis tambahan (overlay) setebal 9 cm dengan bahan Laston Atas.

Safarli (2003) dalam Tugas Akhir berjudul “Analisa Perbandingan Biaya Pembuatan Jalan Baru Antara Perkerasan Kaku dan Lentur” Analisa yang dilakukan dalam mencari nilai banding biaya perkerasan antara perkerasan lentur dengan kaku adalah dengan memperhiyungkan ketebalan yang kemudian dilakukan perhitungan biaya perkerasan pada masing-masing jenis perkerasan. Tata cara perhitungan ketebalan untuk perkerasan lentur menggunakan metode “Analisa Komponen” sedangkan untuk perkerasan kaku menggunakan metode “NAASRA”. dari hasil analisa perhitungan ketebalan serta perhitungan biaya pada jenis perkerasan lentur dan kaku, perkerasan lentur membutuhkan lebih banyak membutuhkan pekerjaan, dalam hal ini perkerasan lentur terdiri dari pekerjaan-pekerjaan struktur:

1. Lapis pondasi bawah, yaitu agregat kelas A dan lapis pengikat
2. Lapis pondasi atas , yaitu ATB dan lapis resap pengikat
3. Lapis permukaan, yaitu laston AC.

Sedangkan perkerasan kaku terdiri dari pekerjaan-pekerjaan struktur yaitu Lapis pondasi bawah, yaitu CTSB dan Prime Coat dan Lapis permukaan, yaitu Beton Semen. Bahan yang digunakan pada perkerasan lentur lebih banyak, sehingga biaya yang dibutuhkan relatif lebih besar dibandingkan dengan biaya peralatan pada perkerasan kaku. Pada personil atau tenaga kerja yang dibutuhkan relative sedikit pada perkerasan lentur dibandingkan perkerasan kaku. Besarnya biaya digunakan untuk bahan perkerasan relatif lebih besar dibandingkan dengan biaya sewa alat maupun tenaga kerja, baik pada perkerasan kaku maupun lentur. Biaya pekerjaan pembuatan jalan baru dalam hal ini biaya awal (*Nilai Cost*) pada perkerasan kaku lebih mahal sekitar 25,40%. Dalam hal ini belum memperhitungkan biaya perawatan selama umur teknis \pm 20 tahun.

Perbandingan dari ketiga penelitian terdahulu dengan penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan

Peneliti	Judul	Lokasi	Metode	Hasil
Safarli (2003)	Analisa Perbandingan Biaya Pembuatan Jalan Baru Antara Perkerasan Kaku dan Lentur	Jalan Cakung Cilincing seksi VI, jakarta	Jalan Cakung Cilincing seksi VI, jakarta	Dalam perhitungan besarnya biaya perkerasan dilakukan pada tiap jenis lapis perkerasan, perhitungan biaya pada pekerjaan diluar pekerjaan stuktur seperti : mobilisasi, drainase, dan sebagainya.

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan

Peneliti	Judul	Lokasi	Metode	Hasil
Hasibuan (2009)	Evaluasi Kinerja Lalu Lintas dan kondisi Pekerjaan Pada Jalur Evakuasi Merapi	Jamblang-Ngepring, Pakem, Sleman, Yogyakarta	MKJI (1997), dan PSI (<i>Present Serviceability Indeks</i>)	Diperoleh alternative scenario 2 lebih efektif pada saat proses evakuasi dimana waktu yang dibutuhkan lebih cepat yaitu lebih cepat setelah perbikan jalan atau peningkatan umur Selama 10 tahun yang dievaluasi berdasarkan nilai PSI menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga 1987.
Muthaer (2018)	Metode Analisa Manfaat Biaya Pada Penilaian Kelayakan Jalan Pembangunan infrastruktur Jalan	Bojong-Plosokerep, Cangkringan, Sleman, Yogyakarta	<i>Benefit Cost Ratio</i>	Hasil penelitian, bahwa setelah di hitung tebal perkerasan dan siklus hidup perkerasan selama umur rencana bahwa nilai <i>Benefit Cost Ratio</i> yaitu 0,644 yang artinya perkerasan kaku yang didesain tidak memenuhi indicator kelayakan ekonomi B/C yakni diatas 1,0.

Lanjutan Tabel 2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan

Peneliti	Judul	Lokasi	Metode	Hasil
Setiawan (2019)	Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya Pada Perencanaan Jalur Evakuasi Menggunakan Jalur Flexible Pavement	Bojong-Plosokerep, Cangkringan, Sleman, Yogyakarta	<i>Benefit Cost Ratio</i>	Hasil penelitian sebagaimana melanjutkan penelitian sebelumnya yakni bahwa setelah di hitung tebal perkerasan dan siklus hidup perkerasan selama umur rencana bahwa nilai <i>Benefit Cost Ratio</i> yaitu 2,20 yang artinya perkerasan lentur yang didesain memenuhi indicator kelayakan ekonomi B/C yakni diatas 1,0.

2.2 Perbedaan Penelitian

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian yang berbeda. Lokasi penelitian ini dilakukan di ruas Jalur Evakuasi Bencana Gn. Merapi di desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, DIY. Sedangkan penelitian terdahulu dilakukan di lokasi Jalur Evakuasi Bojong-Plosokerep, Cangkringan, Sleman, Yogyakarta; Ruas jalan Jamblang- Ngepring, Pakem, Sleman, Yogyakarta.
2. Tebal perkerasan jalan di desain atau dihitung kembali. Sedangkan desain perkerasan penelitian terdahulu sudah diperoleh terlebih dahulu.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Manajemen

Manajemen dapat diartikan sebagai kemampuan untuk mendapatkan suatu hasil dalam rangka mencapai tujuan melalui kegiatan sekelompok orang atau organisasi. Dengan pengertian ini tujuan perlu ditetapkan terlebih dahulu, sebelum melibatkan sekelompok orang atau organisasi yang memiliki keahlian dalam mencapai suatu hasil tertentu dengan batasan-batasan tertentu (Djojowirono, 2005).

3.2 Proyek

Proyek adalah sebuah gabungan dan sumber daya manusia, material, peralatan, modal atau biaya dan segala bentuk perlengkapan dari proyek yang dihimpun dalam sebuah wadah organisasi atau pekerjaan yang memiliki tujuan atau hasil akhir yang sudah menjadi *planning* (Husen, 2009).

3.3 Manajemen Proyek

Manajemen Proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu serta keselamatan kerja (Husen, 2009).

3.4 Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan

Infrastruktur perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan pengikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen dan tanah liat.

Konstruksi perkerasan menurut Hariyatmo (2007) dan Hardiwiyono (2013) pada umumnya perkerasan jalan diklasifikasikan mejadi tiga yaitu:

1. Kontruksi perkerasan lentur (*flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ketanah dasar.
2. Kontruksi perkerasan kaku (*Rigit Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Kontruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Sesuai batasan masalah, maka pembahasan selanjutnya hanya akan dibahas tentang pekerasan lentur saja.

3.4.1 Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) menurut pedoman konstruksi bangunan desain perkerasan jalan lentur PT T-01-2002-B perkerasan lentur adalah struktur perkerasan jalan yang dapat dibuat dengan menggunakan lapis pondasi agregat dan lapis permukaan dengan pengikat aspal.

perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Aspal sendiri adalah material berwarna hitam atau cokelat tua, pada temperature ruang berbentuk padat samapai sedikit padat. Jika aspal dipanaskan samapai suatu temperature tertentu, aspal bias menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus parikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton. Jika temperature mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat (sifat termoplastis). Sifat aspal berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku dan rapuh sehingga daya adhesinya agregat akan berkurang. Perubahan ini bias

diatasi atau dikurangi jika aspal dilakukan dengan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri atas lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar (*subgrade*), lapis bawah atau atas (*subbase atau base course*), dan lapis permukaan (*surface course*). Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan yang ada dibawahnya, sehingga beban yang diterima oleh tanah dasar lebih kecil dari beban yang diterima oleh lapisan permukaan dan lebih kecil dari daya dukung tanah dasar. Contoh lapisan perkerasan lentur ditampilkan pada **Gambar 3.1** berikut ini.



3.5 Struktur Perkerasan Lentur

Gambar 3.1 Lapis Perkerasan Lentur

(Sumber: Bina marga,2017)

Penelitian ini menggunakan Pedoman Manual desain perkerasan jalan 2017 sebagai pedoman dalam mendesain atau merancang perkerasan lentur pada ruas jalan di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Metode perencanaan lentur sendiri didasarkan pada:

1. Perkiraan lalu lintas dan komposisinya selama umur rencana
2. Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR
3. Kekuatan lentur yang digunakan
4. Jenis bahu jalan

5. Jenis perkerasan
6. Jenis penyaluran beban

Berikut akan dijelaskan persyaratan teknis dari perencanaan perkerasan lentur yang dibagi menjadi beberapa poin.

3.5.1 Tanah Dasar

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar sebagai berikut:

1. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah tidak merata. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkan, yaitu pada tanah berbutir kasar yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk dapat mencegah timbulnya persoalan di atas maka tanah dasar harus dikerjakan sesuai dengan "Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya.

3.5.2 Lapis Pondasi Bawah

Fungsi lapis pondasi bawah antara lain:

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
2. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
4. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat-alat besar atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca.

Ber macam-macam tipe tanah dasar yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Campuran-campuran tanah

setempat dengan kapur atau semen Portland dalam beberapa hal sangat dianjurkan agar dapat bantuan yang relatif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

3.5.3 Lapis Permukaan

Fungsi lapis permukaan antara lain:

1. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.
2. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca.

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan Tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban lalu lintas.

Pemilihan bahan untuk lapis permukaan juga sangat perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pertahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

3.6 Metode Analisa Komponen Perkerasan Bina Marga 2017

Infrastruktur jalan di Indonesia telah berkembang dari tahun ke tahun. Dalam rangka peningkatan dan pengembangan kinerja jalan untuk pelaksanaan kegiatan pekerjaan konstruksi jalan guna menjamin kualitas perkerasan jalan, Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga mengeluarkan draft manual desain perkerasan jalan pada tahun 2013 yang kemudian dilakukan revisi pada tahun 2017 menjadi manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 meliputi perubahan struktur penyajian untuk mempermudah pemahaman pengguna dan penambahan serta perbaikan kandungan manual. Revisi ini disusun untuk mengakomodasi tantangan dan hambatan dalam kinerja aset jalan di Indonesia. Manual ini berisi ketentuan teknis untuk pelaksanaan pekerjaan desain perkerasan jalan yang berlaku di lingkungan Direktorat Jenderal Bina Marga, terdiri dari 2 bagian, yaitu struktur perkerasan baru dan rehabilitasi perkerasan. Adapun beberapa parameter yang dijadikan sebagai pertimbangan perhitungannya ada seperti umur rencana, lalu

lintas, faktor lajur, beban lalu lintas dan tingkat pertumbuhan lalu lintas.

3.6.1 Umur Rencana

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum, umur rencana suatu jalan raya adalah jumlah waktu dalam tahun yang dihitung sejak jalan tersebut dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan yang baru. Umur perkerasan jalan ditetapkan pada umumnya berdasarkan jumlah kumulatif lintas kendaraan standard (CESA, *Cumulative Equivalent Standard Axle*). Umur rencana digunakan untuk menentukan jenis perkerasan dengan mempertimbangkan elemen perkerasan berdasarkan analisis *discounted whole of life cost* terendah. Tabel 3.1 berikut ini merupakan tabel ketentuan umur rencana dengan mempertimbangkan elemen perkerasan yang disajikan didalam Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

Tabel 3.1 Umur Rencana Perkerasan Jalan (UR)

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (Tahun)
Perkerasan Lentur	Lapisan perkerasan aspal dan lapisan berbutir CTB	20
	Pondasi jalan	40
	Semua lapisan perkerasan untuk area yang tidak diijinkan untuk ditinggikan akibat pelapisan ulang, misal : jalan perkotaan, underpass, jembatan, Terowongan	
	Cement Treated Base	
Perkerasan Kaku	Lapis Pondasi Atas, Lapis Pondasi Bawah, Lapis Beton Semen dan Pondasi Jalan	
Jalan Tanpa Penutup	Semua Elemen	Min 10

(Sumber : Bina Marga,2017)

Dapat dilihat pada Tabel 3.1 hubungan antara umur rencana, jenis perkerasan dan elemen perkerasan. Untuk perkerasan yang direncanakan dengan umur 10 tahun, perkerasan tanpa penutup dapat di aplikasikan sedangkan untuk perkerasan umur 20 tahun, perkerasan lentur menjadi pilihan yang utama. Untuk perkerasan 28 dengan umur rencana 40 tahun lebih dianjurkan untuk menggunakan perkerasan kaku. Ketentuan dalam tabel diatas tidaklah mutlak. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi desain perkerasan seperti ketersediannya material lokal, beban lalulintas serta, serta kondisi lingkungan sangat penting untuk dipertimbangkan.

3.6.2 Lalu Lintas

Lalu lintas sangat diperlukan dalam perencanaan teknik jalan, karena kapasitas dan konstruksi struktur perkerasan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau. Dalam pendahuluan Manual Pd T-19-2004-B survey lalu lintas dapat dilakukan dengan cara manual, semi manual (dengan bantuan kamera video), ataupun (otomatis menggunakan tube maupun loop). Analisis lalu lintas pada ruas jalan yang didesain harus juga memperhatikan faktor pengalihan arus lalu lintas yang didasarkan pada analisis secara jaringan dengan memperhitungkan proyeksi peningkatan kapasitas ruas jalan yang ada atau pembangunan ruas jalan yang baru dalam jaringan tersebut, dan pengaruhnya terhadap volume lalu lintas dan beban terhadap ruas jalan yang didisain.

1. Volume Lalu lintas

Volume lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalur pada suatu jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang berpengaruh pada perencanaan konstruksi struktur perkerasan. Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu satuan waktu (hari, jam, atau menit). Volume lalulintas dapat berupa Volume Lalulintas 30 Harian Rata-Rata (LHR) yaitu volume lalu lintas yang didapat dari nilai rata-rata kendaraan selama beberapa hari pengamatan dan Lalu lintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT). Lalulintas

Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) yaitu volume lalulintas harian yang diperoleh dari nilai rata-rata jumlah kendaraan selama setahun penuh.

2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Kebijakan dalam penentuan faktor pertumbuhan lalu lintas harus didasarkan pada data-data pertumbuhan historis atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang valid. Bila data histori pertumbuhan lalu lintas tidak lengkap atau tidak tersedia Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 menyediakan tabel faktor pertumbuhan lalulintas minimum (untuk tahun 2015 hingga 2035) pada Tabel 3.6 berikut ini :

Tabel 3.2 Faktor Pertumbuhan Lalulintas (i) (%)

	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor Rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan Desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber Bina Marga,2017)

Penentuan faktor lalu lintas tidak diterangkan dengan jelas pada Manual Desain Perkerasan Lentur Pd T-01-2002-B, oleh karena itu tabel diatas merupakan hal baru yang harus diperhatikan penyedia jasa konstruksi dalam proses pendesainan. Untuk menghitung pertumbuhan lalulintas selama umur rencana Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 menyajikan rumus pada **Persamaan 3.1** sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+0,0i)^{UR-1}}{0,01i} \tag{3.1}$$

dengan:

R = Faktor pengali pertumbuhan lalulintas

i = Tingkat pertumbuhan lalulintas tahunan

UR = Umur Rencana (tahun)

3.6.3 Faktor Lajur

Lajur rencana adalah salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga (truk dan bus) paling besar. Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk jalan dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50 kecuali pada lokasi-lokasi yang jumlah kendaraan niaga cenderung lebih tinggi pada satu arah tertentu.

Faktor distribusi lajur digunakan untuk menyesuaikan beban kumulatif (ESA) pada jalan dengan dua lajur atau lebih dalam satu arah. Pada jalan yang demikian, walaupun sebagian besar kendaraan niaga akan menggunakan lajur luar, sebagian lainnya akan menggunakan lajur-lajur dalam. Faktor distribusi jalan yang ditunjukkan pada Tabel 3.3. Beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur selama umur rencana. Kapasitas lajur mengacu Permen PU No.19/PRT/M/2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan berkaitan rasio antara volume dan kapasitas jalan yang harus dipenuhi.

Tabel 3.3 Faktor Distribusi Lajur

Jumlah Lajur per Arah	Faktor Distribusi Lalulintas (%)
1	100
2	80
3	60
4	50

(Sumber : Bina Marga,2017)

3.6.4 Perkiraan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Perusakan jalan oleh kendaraan dihitung dalam bentuk satuan faktor yang disebut dalam faktor perusak jalan (*Vehicle Damage Factor*). Untuk menghitung faktor kerusakan jalan perlu diperoleh gambaran tentang beban sumbu kendaraan dan konfigurasi sumbu kendaraan yang ada. Perhitungan beban lalu lintas yang

akurat sangatlah penting dalam tahap perhitungan dalam perencanaan kebutuhan konstruksi jalan. Dalam Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 perhitungan beban lalu lintas dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. Studi jembatan timbang/timbangan statis lainnya khusus untuk ruas jalan yang di disain.
2. Studi jembatan timbang dan standard yang telah pernah dikeluarkan dan dilakukan sebelumnya juga telah di publikasikan serta dianggap cukup representatif untuk ruas jalan yang didesain, Jika survei beban gandar tidak mungkin dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF pada Tabel 3.8 dan Tabel 3.9 dapat digunakan untuk menghitung ESA. Tabel 3.8 menunjukkan nilai VDF regional masing-masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari data studi WIM yang dilakukan Ditjen Bina Marga pada tahun 2012 – 2013. Data tersebut perlu diperbarui secara berkala sekurang-kurangnya setiap 5 tahun. Apabila survei lalu lintas dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, dapat digunakan data VDF masing-masing jenis kendaraan menurut tabel 3.9. Untuk periode beban faktual (sampai tahun 2020), digunakan nilai VDF beban nyata. Untuk periode beban normal (terkendali) digunakan VDF dengan muatan sumbu terberat 12 ton.

Tabel 3.4 Nilai VDF Standar

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Muatan yang Diangkut	Kelompok Sumbu	Distribusi Tipikal		Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA/Kendaraan)	
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua Kendaraan Bermotor	Semua Kendaraan Bermotor Kecual Sepeda Motor	VDF Pangkat ⁴	VDF Pangkat ⁵
1	1	Sepeda Motor	1.1	Muatan yang Diangkut	2	30,4			
2,3,4	2,3,4	Sedan / Angkot / pickop / station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
5a	5a	Bus kecil	1.2		2	3,5	5,00	0,3	0,2
5b	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0
6a.1	6.1	Truk 2 sumbu-cargo ringan	1.1	Muatan umum	2	4,6	6,60	0,3	0,2
6a.2	6.2	Truk 2 sumbu- ringan	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			0,8	0,8
6b1.1	7.1	Truk 2 sumbu-cargo sedang	1.2	Muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
6b1.2	7.2	Truk 2 sumbu- sedang	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			1,6	1,7
6b2.1	8.1	Truk 2 sumbu- berat	1.2	Muatan umum	2	3,8	5.50	0,9	0,8
6b2.2	8.2	Truk 2 sumbu- berat	1.2	Tanah, pasir, besi, semen	2			7,3	11,2
7a1	9.1	Truk 3 sumbu - ringan	1.22	Muatan umum	3	3,9	5.60	7,6	11,2
7a2	9.2	Truk 3 sumbu - sedang	1.22	Tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4
7a3	9.3	Truk 3 sumbu - berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	62,2
7b	10	Truk 2 sumbu & trailer penarik 2 sumbu	1.2-2-2		4	0,5	0,7	36,9	90,4
7c1	11	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	24,0
7c2.1	12	Truk 5 sumbu- trailer	1.22-22		5	0,7	1,00	19,0	33,2
7c2.2	13	Truk 5 sumbu- trailer	1.2-222		5			30,3	69,7
7c3	14	Truk 6 sumbu- trailer	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	93,7

(Sumber : Bina Marga, 2017)

Tabel 3.5 Nilai VDF Masing – Masing Jenis Kendaraan Niaga

Jenis Ken daraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6A	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5	0,55	0,5
6B	4,5	7,4	3,4	4,6	5,3	9,2	4,0	5,1	4,8	8,5	3,4	4,7	4,9	9,0	2,9	4,0	3,0	4,0	2,5	3,0
7A1	10,1	18,4	5,4	7,4	8,2	14,4	4,7	6,4	9,9	18,3	4,1	5,3	7,2	11,4	4,9	6,7	-	-	-	-
7A2	10,5	20,0	4,3	5,6	10,2	19,0	4,3	5,6	9,6	17,7	4,2	5,4	9,4	19,1	3,8	4,8	4,9	9,7	3,9	6,0
7B1	-	-	-	-	11,8	18,2	9,4	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13,7	21,8	12,6	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15,9	29,5	7,0	9,6	11,0	19,8	7,4	9,7	11,7	20,4	7,0	10,2	13,2	25,5	6,5	8,8	14,0	11,9	10,2	8,0
7C2A	19,8	39,0	6,1	8,1	17,7	33,0	7,6	10,2	8,2	14,7	4,0	5,2	20,2	42,0	6,6	8,5	-	-	-	-
7C2B	20,7	42,8	6,1	8,0	13,4	24,2	6,5	8,5	-	-	-	-	17,0	38,8	9,3	13,5	-	-	-	-
7C3	24,5	51,7	6,4	8,0	18,1	34,4	6,1	7,7	13,5	22,9	9,8	15,0	28,7	59,6	6,9	8,8	-	-	-	-

(Sumber : Bina Marga,2017)

3.6.5 Modulus Beban

Karakteristik modulus bahan untuk iklim dan kondisi pembebanan di Indonesia diberikan pada Tabel 3.6 untuk bahan berpengikat dan Tabel 3.7 untuk bahan berbutir lepas. Modulus lapisan aspal telah ditetapkan berdasarkan kisaran temperatur udara 25° sampai 34° dan Temperatur Perkerasan Tahunan Rata-rata (*weighted mean asphalt pavement temperature*, WAMPT) berkisar di antara 38° C (daerah pegunungan) hingga 42° C (untuk daerah pesisir).

Tabel 3.6 Karakteristik Modulus Bahan Pengikat

Jenis Bahan	Modulus Tipikal	Poisson's Ratio
HRS WC	800 MPa	0,4
HRS BC	900 MPa	
AC WC	1100 MPa	
AC BC	1200 MPa	
AC Base	1600 MPa	
Bahan bersemen (CTB)	500 MPa retak <i>(post cracking)</i>	0,2 (mulus) 0,3 (retak)
Tanah dasar (d disesuaikan musim)	10 x CBR (Mpa)	0,45 (tanah kohesif)
		0,35 (tanah non kohesif)

(Sumber : Bina Marga, 2017)

Tabel 3.7 Karakteristik Modulus Bahan Berbutir Lepas

Tebal lapisan aspal di atas lapisan berbutir	Modulus bahan berbutir (MPa)	
	(Langsung di bawah lapis HRS)	(Langsung di bawah lapis AC : WC/BC/Base)
40 mm	350	350

Lanjutan Tabel 3.7 Karakteristik Modulus Bahan Berbutir Lepas

Tebal lapisan aspal di atas lapisan berbutir	Modulus bahan berbutir (MPa)	
	(Langsung di bawah lapis HRS)	(Langsung di bawah lapis AC : WC/BC/Base)
75 mm	350	350
100 mm	350	350
125 mm	320	300
150 mm	280	250
175 mm	250	250
200 mm	220	210
225 mm	180	150
≥ 250 mm	150	150

(Sumber : Bina Marga,2017)

3.6.6 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas merupakan beban kendaraan yang dilimpahkan keperkerasan jalan melalui kontak antara ban dan lapis permukaan atas jalan secara dinamis dan berulang-ulang selama masa pelayanan jalan. Beban kendaraan dilimpahkan melalui roda kendaraan yang terjadi berulang kali selama masa pelayanan jalan sebagai akibat repeetisi kendaraan yang melintasi jalan tersebut. Pemahaman tentang beban kendaraan yang merupakan beban dinamis pada perkerasan jalan sangat mempengaruhi hasil dari perenencanaan konstruksi struktur perkerasan jalan dan kekokohan struktur pelayanan jalan selama masa pelayanan.

1. Beban Sumbu Standar

Beban sumbu 100 kN diijinkan di beberapa ruas yaitu untuk ruas jalan kelas 1. Namun nilai CESA selalu ditentukan berdasarkan beban sumbu standard 80 kN.

2. Pengendalian Beban Sumbu

Untuk keperluan desain, tingkat pembebanan saat ini (aktual) diasumsikan

berlangsung sampai tahun 2020. Setelah tahun 2020, diasumsikan beban berlebih terkendali dengan beban sumbu nominal 120 kN.

3. Beban Sumbu Standar Kumulatif

Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana, pada **Persamaan 3.2** yang ditentukan sebagai :

$$ESA = (\sum \text{jenis kendaraan LHR} \times VDF) \times 365 \times DD \times DL \times R \quad (3.2)$$

Dengan:

ESA : lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent standard axle*) untuk 1 hari

LHR : lintasan harian rata – rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan per hari).

CESA : kumulatif beban sumbu standar ekivalen selama umur rencana R : faktor pengali pertumbuhan lalu lintas (pers 3.1)

VDF : Faktor Ekivalen Beban (Vehicle Damage Factor) tiap jenis kendaraan niaga Tabel 3.8. dan Tabel 3.9.

DD : Faktor distribusi arah.

DL : Faktor distribusi lajur (Tabel 3.7).

3.4.7 Desain Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi pondasi jalan. Batasan pada Tabel 3.8 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah dan tentunya dengan melihat nilai CESA₄ yang dihasilkan.

Tabel 3.8 Ketentuan Pertimbangan Jenis Desain Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1, 2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber : Bina Marga, 2017)

Catatan :

Tingkat Kesulitan :

- I. kontraktor kecil – medium.
- II. kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai.
- III. membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus – dibutuhkan kontraktor spesialis Burda.

Aspal modifikasi direkomendasikan digunakan untuk lapis aus (wearing course) pada jalan dengan repetisi lalu lintas selama 20 tahun > 10juta ESA. Tujuan penggunaan aspal modifikasi adalah untuk memperpanjang umur pelayanan, umur futigie dan ketahanan deformasi lapis permukaan akibat beban lalu lintas berat.

Setelah menentukan jenis perkerasan maka dapat ditentukan tebal perkerasan yang diinginkan sesuai nilai CESA₅. Untuk dapat mengetahui desain tebal perkerasan dapat dilihat pada Tabel 3.9 dan Tabel 3.10. Tabel 3.10 menjelaskan bahwa Lapis Fondasi Agregat A dapat disesuaikan sesuai dengan nilai CBR.

Tabel 3.9 Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10% CESA ₅)	FF1 < 0,5	0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0
Jenis permukaan	HRS atau Penetrasi makadam	HRS
Struktur perkerasan	Tebal perkerasan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	25 0
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10% ³	150	12 5

(Sumber : Bina Marga, 2017)

**Tabel 3.10 Penyesuaian Tebal Lapis Fondasi Agregat A Tanah Dasar
CBR \geq 7 %**

	Struktur Perkerasan								
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10^6 CESA5)	> 2	> 2-4	> 4-7	> 7-10	> 10-20	> 20-30	> 30-50	> 50-100	> 100-200
TEBAL LPA A (mm) PENYESUAIAN TERHADAP BAGAN DESAIN 3B									
Subgrade CBR \geq 5,5-7	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade CBR > 7-10	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR \geq 10	250	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR \geq 15	200	150	150	150	150	150	150	150	150

(Sumber : Bina Marga, 2017)

3.7 Ekonomi Teknik

Analisa ekonomi teknik adalah beberapa metode yang digunakan untuk menganalisis alternatif-alternatif mana yang harus dipilih secara sistematis, sesuai dengan kondisi-kondisi tertentu. Alternatif-alternatif itu timbul karena adanya keterbatasan dari sumber daya (manusia, material, uang, mesin, kesempatan, dll). Analisa ekonomi teknik melibatkan pembuatan keputusan terhadap berbagai penggunaan sumber daya yang terbatas.

Alternatif ini bisa juga berupa perbandingan biaya pilihan yang direkomendasi, dapat pula analisis ekonomi melibatkan unsur risiko yang mungkin terjadi. Selain membandingkan dengan berbagai macam biaya, analisis ekonomi juga dapat dikembangkan berdasarkan asas manfaat dari proyek yang bersangkutan (Kodoatie, 1995).

Metode-metode dalam menganalisa kelayakan ekonomi teknik yang digunakan oleh para ahli dapat dikelompokkan sebagai berikut:

Nilai uang sekarang (*present worth*)

1. Nilai uang sekarang adalah nilai ekuivalen pada saat sekarang yakni waktu 0

Metode ini seringkali dipakai terlebih dahulu daripada metode lain karena biasanya relatif lebih muda menilai suatu proyek pada saat sekarang.

2. Laju pengembalian modal (*rate of return*)

Laju pengembalian modal adalah ekuivalen dengan pengertian profit(keuntungan) dalam teori ekonomi. Perbandingan antara berbagai alternatif yang terdiri atas sejumlah penerimaan/keuntungan dan pengeluaran/biaya yang berbeda dengan periode yang berlainan dapat dilakukan dengan menghitung suku bunganya, dimana dengan suku bunga tersebut kedua alternatif ekuivalen.

3. Analisa Manfaat Biaya (*Benefit Cost Analysis*)

Analisa manfaat biaya (*benefit cost analysis*) adalah analisa yang sangat umum digunakan untuk mengevaluasi proyek-proyek yang dibiayai oleh pemerintah. Analisa ini adalah cara praktis untuk menaksir kemanfaatan proyek, dimana hal ini diperlukan tinjauan yang panjang dan luas. Dengan kata lain diperlukan analisa dan evaluasi dari berbagai sudut pandang yang relevan terhadap ongkos-ongkos maupun manfaat yang disumbangkan.

4. Titik Impas (*Break event Point*)

Dalam beberapa kondisi ekonomi, biaya dari suatu alternatif mungkin merupakan fungsi suatu variabel. Jika dua atau lebih alternatif merupakan fungsi suatu variabel yang sama, kemudian ingin ditentukan nilai dari variabel tersebut sedemikian hingga biaya kedua alternatif tersebut sama. Nilai dari variabel yang diperoleh disebut sebagai titik (*Break event Point*).

Dari alternatif analisa kelayakan tersebut maka yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisa manfaat biaya. Hal ini dikarenakan objek penelitian masuk dalam kategori infrastruktur atau sarana dan prasarana umum yang dibiayai oleh pemerintah.

3.8 Analisis Manfaat Biaya

Seperti yang dijelaskan diatas analisis manfaat biaya (*benefit cost analysis*) adalah analisa yang sangat umum digunakan untuk mengevaluasi proyek-proyek

yang dibiayai oleh pemerintah. Analisis manfaat dan biaya ini ditujukan untuk mencari nilai dari perbandingan antara manfaat dan biaya atau yang biasanya disebut *Benefit Cost Ratio (B/C Ratio)*.

Secara sederhana, *B/C Ratio* adalah perbandingan antara *Present Value Benefit* dibagi dengan *Present Value Cost*. Hasil *B/C Ratio* dari suatu proyek dikatakan layak secara ekonomi, bila nilai *B/C Ratio* lebih dari 1 (satu). *B/C Ratio* dipakai untuk mengevaluasi kelayakan proyek dengan membandingkan total manfaat terhadap total biaya yang telah didiskonto ke tahun dasar dengan memakai nilai suku bunga diskonto selama tahun rencana. **Persamaan 3.3** *Ratio* adalah sebagai berikut:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Present Manfaat}}{\text{Present Biaya}} \quad (3.3)$$

Berdasarkan itu kemudian akan dijelaskan apa saja manfaat dan biaya yang dihitung dalam perencanaan pembangunan perkerasan lentur ruas jalan yang teliti.

3.9 Manfaat (*Benefit*)

Menurut Kuiper (dalam Kodoatie, 2002) manfaat dapat dikategorikan menjadi:

1. Manfaat langsung, yakni manfaat yang langsung diperoleh dari proyek.
2. Manfaat tidak langsung, yakni manfaat yang secara tidak langsung memberikan keuntungan.
3. Manfaat nyata, yaitu manfaat yang dapat diukur dengan satuan nilai uang (*tangible benefit*)
4. Manfaat tidak nyata, yakni manfaat yang tidak dapat diukur dengan satuan nilai (*intangible benefit*)

Dalam penelitian ini manfaat yang akan dihitung hanya dari segi manfaat langsung yakni penghematan biaya operasional kendaraan tidak tetap (BOK-TT). Selanjutnya akan dijelaskan terkait biaya operasional kendaraan.

3.9.1 Biaya Operasi Kendaraan Tidak Tetap

Pedoman Pra Studi Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan PD T-18-2005-B menjelaskan bahwa perhitungan biaya operasi kendaraan dimaksudkan untuk mengevaluasi peningkatan pekerjaan proyek pembangunan jalan dan jembatan menurut kriteria ekonomi, sehingga dapat diketahui bahwa biaya yang dialokasikan dapat memberikan tingkat manfaat yang tinggi.

Manfaat yang dapat diperhitungkan menurut Pd-T-18-2005-B tersebut adalah penghematan biaya perjalanan, yaitu selisih biaya perjalanan total dengan proyek (*with project*) dan tanpa proyek (*wirhout project*).

Unit-unit BOK tidak tetap yang dihitung mengacu pada Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap (*Running Cost*) Pd T-15-2005-B. Selanjutnya akan dijelaskan tentang unit-unit BOK tidak tetap tersebut.

1. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Beberapa input data yang dibutuhkan untuk mencari biaya konsumsi bahan bakar adalah kecepatan rata-rata lalu lintas, percepatan rata-rata, simpangan baku percepatan, tanjakan dan turunan serta berat kendaraan total yang direkomendasikan.

Untuk kecepatan rata-rata lalu lintas perkerasan eksisting, karena perkerasan eksisting mengalami kerusakan yang cukup parah, maka kecepatan rata-rata lalu lintas diasumsikan 10 km/jam untuk mobil penumpang, sedangkan truk dan bis diasumsikan 5 km/jam.

Sementara untuk percepatan rata-rata dihitung menggunakan **Persamaan 3.4** yang diperoleh dari Pd-T-15-2005-B berikut ini:

$$AR = 0,012 \times \left(\frac{V}{C}\right) \quad (3.4)$$

dengan:

AR = Percepatan rata-rata

V = Volume lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

Sedangkan untuk perhitungan simpangan baku percepatan digunakan **Persamaan 3.5**.

$$SA = SA \max (1,041 + e^{(a_0 + a_1) \times V/C}) \quad (3.5)$$

dengan:

SA = Simpangan baku percepatan (m/s^2)

SA max = Simpangan baku percepatan maksimum (m/s^2) (tipikal=0,75)

a_0, a_1 = Koefisien parameter (tipikal $a_0 = 5,140$; $a_1 = -8,264$)

V = Volume lalu lintas (smp/jam)

C = kapasitas jalan (smp/jam)

Selanjutnya dalam perhitungan tanjakan dan turunan ditentukan melalui **Tabel 3.11** tentang alinemen vertikal yang direkomendasikan pada berbagai medan jalan berikut ini.

Tabel 3.11 Alinemen vertikal berbagai medan jalan

No	Kondisi Medan	Tanjakan rata-rata (m/km)	Turunan rata-rata (m/km)
1	Datar	2,5	-2,5
2	Bukit	12,5	-12,5
3	Pegunungan	22,5	-22,5

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Selanjutnya menentukan berat kendaraan total yang direkomendasikan digunakan **Tabel 3.12** berikut :

Tabel 3.12 Berat kendaraan total jenis kendaraan

Jenis Kendaraan	Nilai Minimum (ton)	Nilai Maksimum (ton)
Sedan	1,3	1,5
Utiliti	1,5	2,0
Bus Kecil	3,0	4,0
Bus Besar	9,0	12,0
Truck Ringan	3,5	6,0
Truck Sedang	10,0	15,0
Truck Besar	15,0	25,0

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan
Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Selanjutnya dalam menghitung biaya konsumsi bahan bakar minyak digunakan **Persamaan 3.6**.

$$B_iBBM_j = KBBM_i \times HBBM_j \quad (3.6)$$

dengan:

B_iBBM_j = Biaya konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan I
(Rp/km)

$KBBM_i$ = Konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (liter./km)

$HBBM_j$ = Harga bahan bakar untuk jenis BBM j (Rp/liter)

I = Jenis kendaraan

J = Jenis bahan bakar

Berdasarkan **Persamaan 3.6** tersebut, $KBBM_i$ perlu dicari terlebih dahulu.

Untuk mencari $KBBM_i$ digunakan **Persamaan 3.7** sebagai berikut.

$BBM_i =$

$$\frac{((\alpha + (\beta_1 \div VR) + (\beta_2 \times V^2) + (\beta_3 \times RR) + (\beta_4 \times FR) + (\beta_5 \times F^2) + (\beta_6 \times DTR) + (\beta_7 \times AR) + (\beta_8 \times SA) + (\beta_9 \times BK))}{1000}$$

1000

(3.7)

Dengan:

α = Konstanta

$\beta_1 \dots \beta_9$ = Koefisien-koefisien parameter

V_R = Kecepatan rata-rata

R_R = Tanjakan rata-rata

F_R = Turunan rata-rata

DT_R = Derajat tikungan rata-rata

A_R = Percepatan rata-rata

SA = Simpangan baku percepatan

BK = Berat kendaraan

Untuk nilai konstanta dan koefisien parameter dalam rumus tersebut ditentukan dalam **Tabel 3.13** tentang nilai konstanta dan koefisien-koefisien parameter model konsumsi BBM.

Tabel 3.13 Nilai konstanta dan koefisien bahan bakar sesuai jenis kendaraan

Jenis Kendaraan	α	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}	β_{11}
Sedan		1181,2	0,0037	1,265	0,634			-0,638	36,21			
Utiliti	29,61	1256,8	0,0059	1,765	1,197			132,2	42,84			
Bus Kecil	94,35	1058,9	0,0094	1,607	1,488			166,1	49,58			
Bus Besar	129,6	1912,2	0,0092	7,231	2,79			266,4	13,86			
Truk Ringan	70	524,6	0,002	1,732	0,945			124,4				50,02
Truk Sedang	97,7		0,0135	0,7365	5,706	0,0378	-0,0858			6,661	36,46	17,28
Truk Berat	190,3	3829,7	0,0196	14,536	7,225						11,41	10,92

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian

1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

2. Biaya Konsumsi Oli

Biaya konsumsi oli untuk masing-masing jenis kendaraan dapat dihitung

dengan **Persamaan 3.8** berikut:

$$BO_i = KO_i \times HO_j \quad (3.8)$$

dengan:

BO_i = Biaya konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (Rp./km)

KO_i = Konsumsi oli untuk jenis kendaraan i (liter/km)

HO_j = Harga oli untuk jenis oli j (Rp/liter)

KO_i sendiri dicari dengan menggunakan **Persamaan 3.9** berikut.

$$KO_i = OHK_i + OHO_i \times KBBM_i \quad (3.9)$$

Dengan:

OHK_i = Oli hilang akibat kontaminasi (liter/km)

OHO_i = Oli hilang akibat operasi (liter/km)

$KBBM_i$ = Konsumsi bahan bakar minyak untuk jenis kendaraan i (liter./km)

OHK_i sendiri dapat dicari dengan **Persamaan 3.10** berikut:

$$OHK_i = \frac{KAPO_i}{JPO_i} \quad (3.10)$$

dengan :

KPO_i = Kapasitas oli (liter)

JPO_i = Jarak penggantian oli (km)

Nilai OHO_i , KPO_i dan JPO_i diperoleh dari Tabel nilai tipikal JPO_i , KPO_i , dan OHO_i yang direkomendasikan diperoleh dari **Tabel 3.14** berikut ini.

Tabel 3.14 Nilai Tipikal JPOi , KPOi, dan OHOi

Jenis Kendaraan	JPOi	KPOi	OHOi
Sedan	2000	3,5	0,0000028
Utiliti	2000	3,5	0,0000028
Bus Kecil	2000	6	0,0000028
Bus Besar	2000	12	0,0000028
Truk Ringan	2000	6	0,0000028
Truk Sedang	2000	12	0,0000028
Truk Berat	2000	24	0,0000028

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

3. Biaya Konsumsi Suku Cadang

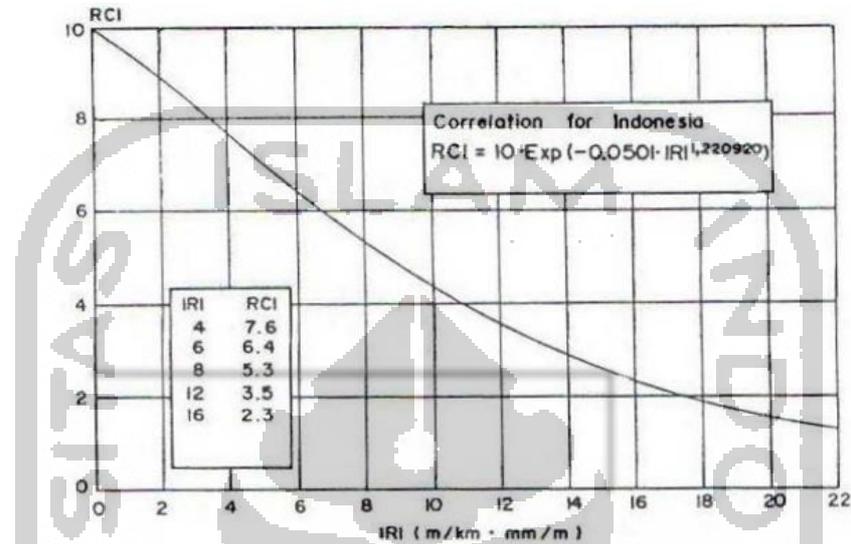
Beberapa input yang harus diperhatikan untuk mencari biaya konsumsi suku cadang adalah kekasaran permukaan jalan dan harga kendaraan baru. Nilai kekasaran permukaan yang digunakan adalah berdasarkan **Tabel 3.15** tentang kondisi permukaan visual dan nilai RCI berikut ini.

Tabel 3.15 Nilai RCI Permukaan Jalan

RCI	Kondisi Permukaan Jalan secara Visual
8-10	Sangat rata dan teratur
7-8	Sangat baik, umumnya rata
6-7	Baik
5-6	Cukup, sedikit sekali atau tidak ada lubang, tetapi permukaan jalan tidak rata
4-5	Jelek, kadang-kadang ada lubang, permukaan jalan tidak rata
3-4	rusak, bergelombang, banyak lubang
2-3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur
0-2	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4 WD Jeep

(Sumber: Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1992)

Berdasarkan **Tabel 3.15** tersebut jika sudah mendapatkan nilai RCI maka kemudian dikonversikan kedalam nilai IRI menggunakan grafik pada **Gambar 3.3** berikut ini.



Gambar 3.1 Grafik korelasi nilai RCI dan IRI

(Sumber: Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1992)

Selanjutnya input yang lain adalah harga kendaraan baru. Harga kendaraan baru diperoleh melalui survei internet. Harga kendaraan baru yang dipakai adalah harga kendaraan tersebut dikurangi dengan nilai ban yang digunakan.

Biaya konsumsi suku cadang dapat dihitung dengan **Persamaan 3.11**

$$B_{pi} = \frac{P_i \times HKB_i}{1000000} \quad (3.11)$$

dengan:

B_{Pi} = Biaya pemeliharaan kendaraan untuk jenis kendaraan i (Rp/km)

HKB_i = Harga kendaraan baru rata-rata untuk jenis kendaraan i (Rp)

P_i = Nilai relatif biaya suku cadang terhadap kendaraan baru jenis i

i = Jenis kendaraan

Pi sendiri diperoleh dari **Persamaan 3.12**

$$P_i = (\phi + \gamma_1 \times \text{IRI}) (\text{KJT}_i / 100000)^{\gamma_2} \quad (3.12)$$

dengan:

P_i = Nilai relatif biaya suku cadang terhadap kendaraan baru jenis I

ϕ = Konstanta

γ_1 & γ_2 = Koefisien-koefisien parameter

IRI = Kekasaran jalan (m/km)

KJT_i = Kumulatif jarak tempuh kendaraan jenis i (km)

i = Jenis kendaraan

Untuk KJT_i digunakan asumsi semua jenis kendaraan memiliki jarak tempuh 5000 km untuk satu kali perawatan. Sedangkan untuk nilai ϕ serta γ_1 & γ_2 diperoleh dari **Tabel 3.16** berikut ini.

Tabel 3.5 Koefisien Paramater Biaya Suku Cadang Sesuai Jenis Kendaraan

Jenis Kendaraan	Koefisien Parameter		
	ϕ	γ_1	γ_2
Sedan	-0,69	0,42	0,1
Bus Kecil	-0,73	0,43	0,1
Bus Besar	-0,15	0,13	0,1
Truck Ringan	-0,64	0,27	0,2
Truck Sedang	-1,26	0,46	0,1
Truck Berat	-0,86	0,32	0,4

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

D. Biaya upah Perbaikan Kendaraan

Biaya upah perbaikan kendaraan dihitung dengan **Persamaan 3.13**

$$BU_i = \frac{JP_i \times UTP}{1000} \quad (3.13)$$

dengan:

BU_i = Biaya upah perbaikan kendaraan (Rp/km)

JP_i = Jumlah Jam Pemeliharaan (jam/1000km)

UTP = Upah Tenaga Pemeliharaan (Rp/jam)

Untuk menghitung JP_i digunakan **Persamaan 3.14**.

$$JP_i = a_0 \times P_{a1 i} \quad (3.14)$$

dengan:

JP_i = Jumlah Jam Pemeliharaan (jam/1000km)

P_i = Nilai relatif biaya suku cadang terhadap kendaraan baru jenis i

a_0, a_1 = konstanta

Nilai a_0 dan a_1 diperoleh dari **Tabel 3.17** berikut ini.

Tabel 3.17 Nilai a_0 dan a_1 Sesuai Jenisnya

Jenis Kendaraan	a_0	a_1
Sedan	77,14	0,547
Utiliti	77,14	0,547
Bus Kecil	242,03	0,519
Bus Besar	293,44	0,517
Truk Ringan	242,03	0,519
Truk Sedang	242,03	0,517
Truk Berat	301,46	0,519

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Sedangkan UTP diperoleh dari upah montir perbulan sebesar gaji Upah Minimum DIY sebesar Rp.1.500.000 dibagi dengan jumlah jam kerja selama satu bulan. Jumlah jam kerja selama 1 hari montir diasumsikan 8 jam. Montir bekerja 6 hari dalam satu minggu. Maka total jam kerja dalam sebulan adalah 192 jam. Maka upah montir per jam adalah Rp. 1.500.000 dibagi dengan 192

jam. Diperoleh UTP sebesar Rp. 7812,5.

4. Biaya Konsumsi Ban

Beberapa input yang perlu diketahui sebelum menghitung biaya konsumsi ban adalah nilai tanjakan & turunan (TTR) dan derajat tikungan (DTR). Nilai TTR diperoleh dari **Tabel 3.18** berikut ini.

Tabel 3.6 Nilai TT Sesuai dengan Kondisi Medan

Kondisi Medan	TTR (m/km)
Datar	5
Bukit	25
Pegunungan	45

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Sedangkan untuk mencari nilai derajat tikungan digunakan **Tabel 3.19** berikut ini:

Tabel 3.19 Nilai Derajat Tikungan

Kondisi Medan	Derajat Tikungan
Datar	15
Bukit	115
Pegunungan	200

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Selanjutnya biaya konsumsi ban diperoleh dari **Persamaan 3.15**

$$BB_i = \frac{KB_i \times HB_i}{1000} \quad (3.15)$$

dengan:

BB_i = Biaya konsumsi ban untuk jenis kendaraan i (Rp/km)

KB_i = Konsumsi ban untuk jenis kendaraan i (EBB/1000)

HB_j = Harga ban baru jenis j (Rp/ban baru)

I = Jenis kendaraan

J = Jenis ban

KB_i sendiri dicari dengan **Persamaan 3.16**.

$$KB_i = \chi + (\delta_1 \times IRI) + (\delta_2 \times TTR) + (\delta_3 \times TR) \quad (3.16)$$

dengan:

χ = Konstanta

δ_1 = Koefisien parameter

TTR = Tanjakan + turunan rata-rata

TR = Derajat tikungan rata-rata

Nilai konstanta dan koefisien parameter sendiri dapat diperoleh dari **Tabel 3.20** berikut ini.

Tabel 3.20 Nilai Konstanta dan Koefisien Parameter Konsumsi Ban

Jenis Kendaraan	χ	δ_1	δ_2	δ_3
Sedan	-0,01471	0,01489	-	-
Utiliti	0,01905	0,01489	-	-
Bus Kecil	0,024	0,025	0,0035	0,00067
Bus Besar	0,10153	-	0,000963	0,000244
Truk Ringan	0,024	0,025	0,0035	0,00067
Truk Sedang	0,095835	-	0,001738	0,000184
Truk Berat	0,15835	-	0,00256	0,00028

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

5. Biaya Tidak Tetap Besaran BOK

Biaya tidak tetap dihitung dengan **Persamaan 3.17** menjumlahkan unit-unit BOK sebagai berikut:

$$BTT = B_iBBM_j + BO_i + BP_i + BU_i + BB_i \quad (3.17)$$

dengan:

BTT	= Besaran biaya tidak tetap (Rp/km)
B_iBBM_j	= Biaya konsumsi bahan bakar minyak (Rp/km)
BO_i	= Biaya konsumsi oli (Rp/km)
BP_i	= Biaya konsumsi suku cadang (Rp/km)
BU_i	= Biaya upah tenaga kerja (Rp/km)
BB_i	= Biaya konsumsi ban (Rp/km)

Selanjutnya dijelaskan mengenai biaya dalam subbab berikut:

3.10 Biaya (*Coast*)

Biaya yang dihitung dari penelitian adalah biaya langsung (*initial cost*) atau biaya konstruksi perkerasan dan biaya siklus hidup perkerasan selama umur rencana (*life cycle cost*).

3.1.1 Biaya Langsung (*Initial Cost*)

Diketahui biaya langsung adalah biaya konstruksi dari suatu proyek. Perhitungan biaya dihitung melalui spesifikasi umum pekerjaan konstruksi jalan dalam Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Marga yang menjadi lampiran dalam Permen PU-PR No. 28 Tahun 2016.

Dalam AHSP dibutuhkan Harga Satuan Dasar (HSD) tenaga kerja, bahan serta alat yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan HSD yang berasal dari dokumen Estimasi Biaya Pekerjaan suatu proyek peningkatan jalan di Kabupaten Sleman. Koefisien-koefisien bahan, alat, serta tenaga kerja mengacu pada dokumen tersebut. Artinya, penelitian ini tidak perlu dilakukan lagi analisa HSD.

3.1.2 Biaya Siklus Hidup (*life-cycle Cost*)

Biaya siklus hidup adalah biaya yang dikeluarkan selama umur rencana suatu perkerasan jalan. Dalam mencari biaya siklus hidup digunakan beberapa prinsip dalam LCCA (*life-cycle cost analysis*) yang dikeluarkan oleh Federal Highway Administration U.S Department of Transportation dan menggunakan strategi desain perawatan perkerasan oleh Pennsylvania Department of Transportation (PennDOT). Dalam menghitung siklus hidup suatu perkerasan jalan perlu direncanakan strategi perawatan dan rehabilitasi dari perkerasan selama umur rencana.



BAB IV

METODE PENELITIAN

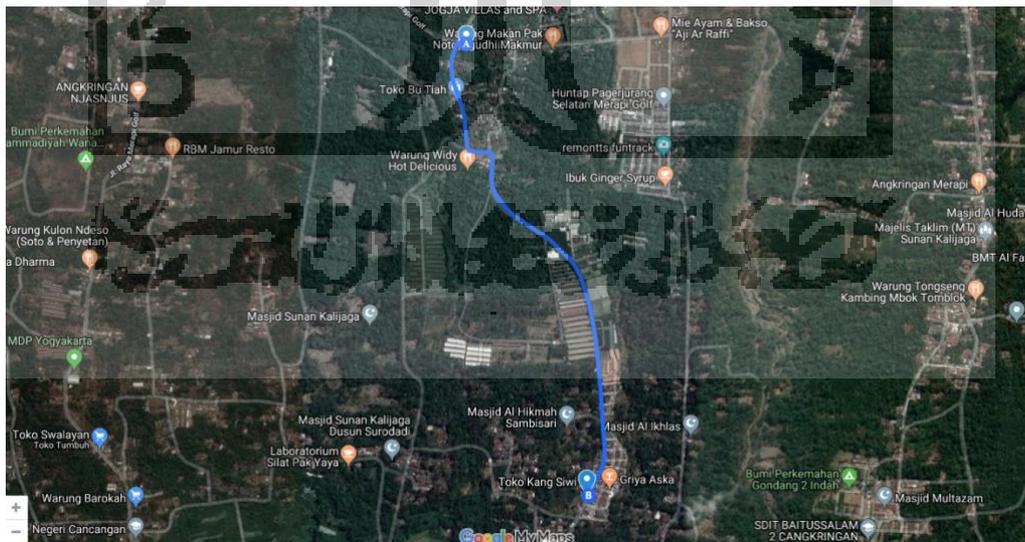
4.1 Metode yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan metode *Benefit Cost Ratio* dimana kita akan mengetahui bahwa pelaksanaan proyek pembangunan jalan dikatakan layak jika diketahui nilai $BCR > 1$, dan dikatakan tidak layak jika nilai $BCR < 1$.

Berdasarkan itu jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis penelitian deskriptif. Hal itu dikarenakan penelitian ini bersifat faktual dan ditujukan untuk menjelaskan sifat-sifat dari suatu subjek yang diteliti yakni cakupan manfaat (*benefit*), biaya (*cost*) dan kelayakan dari rencana pembangunan perkerasan jalan kaku di ruas jalan yang diteliti.

4.2 Objek Penelitian

Lokasi penelitian ini berada pada ruas jalur evakuasi yang ada di Dusun Balong-Plosokerep. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 4.1** berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian
(Sumber: Google maps, (2019))

4.3 Mencari Data atau Informasi

1. Tahap Persiapan

Sebelum melakukan pengumpulan data, perlu dipaparkan terlebih dahulu subjek dan objek penelitian, jenis dan sumber data, waktu pengumpulan data, dan kesulitan yang mungkin dihadapi saat proses pengumpulan data. Tahapan persiapan meliputi

a. Studi Pustaka

Studi pustaka dimaksudkan untuk mendapat arahan dan wawasan agar mempermudah pengumpulan data, analisis dan penyusunan laporan.

b. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mengetahui dimana lokasi jalur evakuasi tersebut bermaksud untuk penelitian.

2. Subjek dan Objek Penelitian

Objek penelitian sendiri adalah sifat kadaan dari suatu benda, orang, atau yang menjadi pusat perhatian dan sasaran penelitian. Objek dalam penelitian ini adalah kelayakan ruas jalur evakuasi bencana yang meliputi nilai manfaat dan biaya. Berdasarkan penjelasan tersebut selanjutnya akan di terangkan yang menyangkut sumber dan data penelitian.

3. Sumber dan Data Penelitian

Data penelitian ini hanya menggunakan data skunder seperti berikut ini

a. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapat melalui sumber kedua, Adapun data yang diperlukan dalam penelitian meliputi:

- 1) Data lalu lintas ruas jalan.
- 2) Daftar harga satuan bahan, upah dan alat Kabupaten Sleman, Yogyakarta

4.4 Cara Olah data

Data lalu lintas digunakan untuk mendesain tebal perkerasan jalan. Sedangkan daftar harga satuan bahan, upah dan alat digunakan untuk mencari biaya

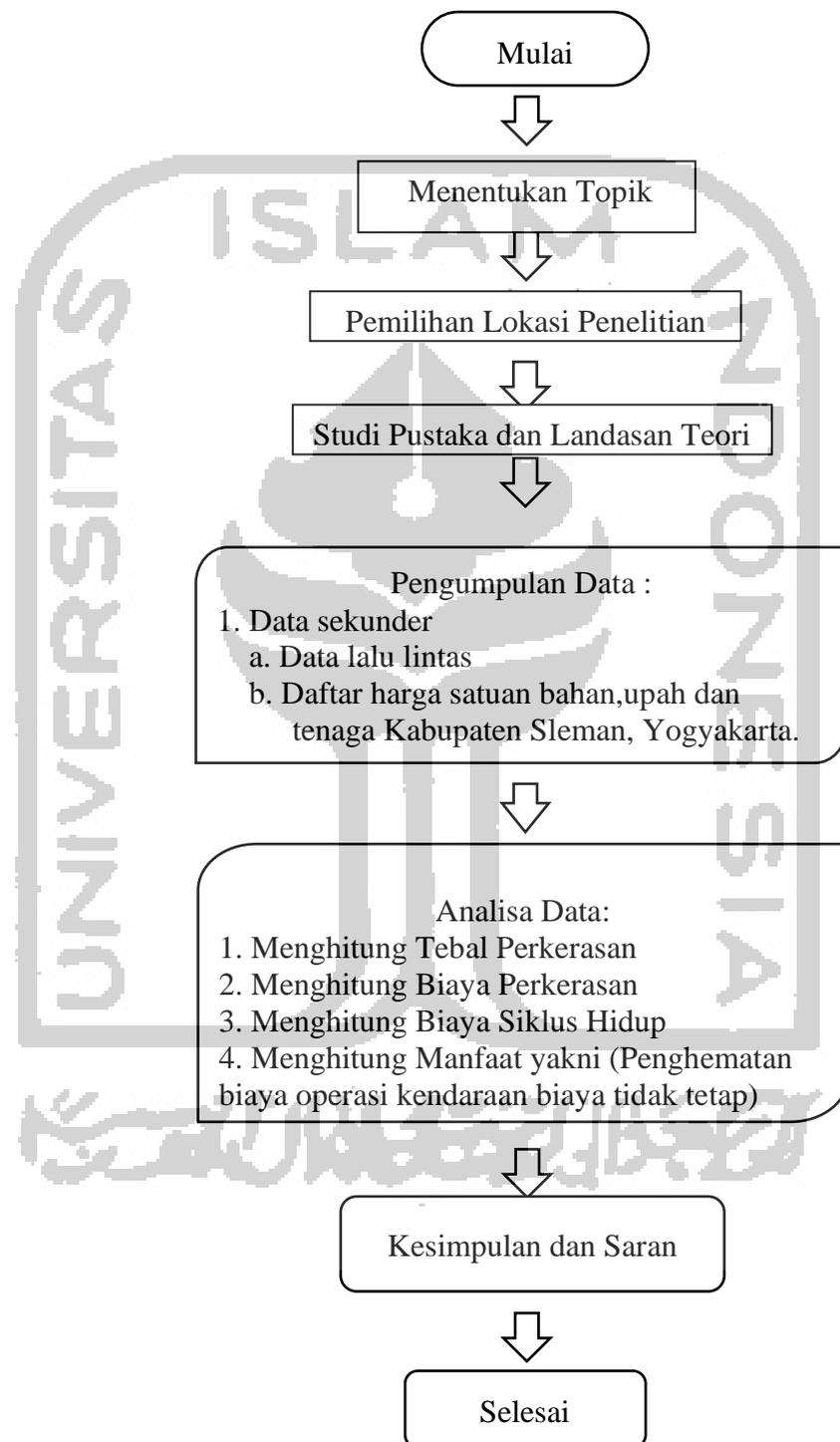
perkerasan. Setelah itu menghitung analisis harga satuan untuk mendapatkan biaya total atau *total cost*, setelah mendapatkan hasil perhitungan analisis harga satuan maka langkah selanjutnya adalah menghitung biaya perawatan selama umur rencana yakni 20 tahun untuk jalan lentur.

Selanjutnya adalah menghitung cakupan manfaat (*benefit*) pembangunan perkerasan lentur tersebut. Manfaat yang dianalisa ditinjau dari penghematan biaya operasi kendaraan tidak tetap. Maka berdasarkan itu perlu dihitung biaya operasi kendaraan *without project* serta *with project* untuk mendapatkan hasil perhitungan BC/-R untuk mendapatkan bahwa proyek layak di jalankan atau tidak.

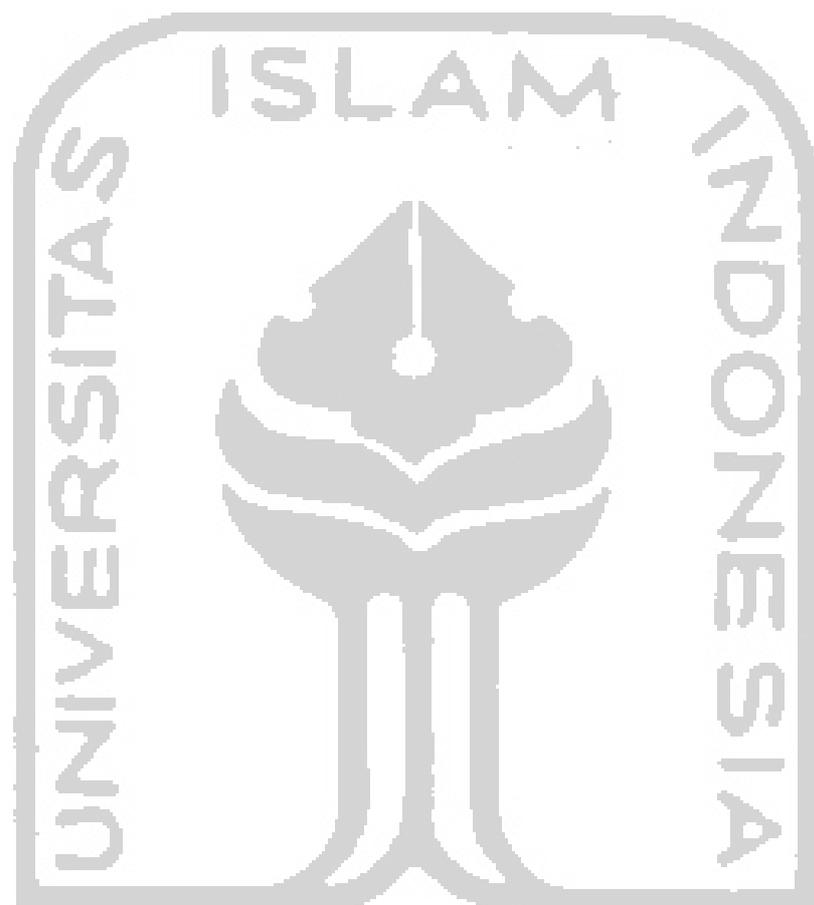


4.5 Bagan Alir Penelitian

Berikut adalah bagan alir dari penelitian yang akan dilakukan:



Gambar 4.2 bagan alir penelitian



جامعة الإسلام في إندونيسيا

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

5.1.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas ruas Jalan Dusun Balong-Ploso Kerep adalah data sekunder yang didapat dari laporan satuan kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional D.I.Yogyakarta tahun 2018. Jalan Dusun Balong Ploso Kerep merupakan rute yang sering dilewati kendaraan bermuatan, ruas Jalan kecamatan Cangkringan Sleman Yogyakarta. Hasil perhitungan lalu lintas berdasarkan golongan kendaraan dapat dilihat pada **Tabel 5.1**

Tabel 5.1 Perhitungan Lalu Lintas Ruas Jalur Evakuasi

Klasifikasi Kendaraan	Jenis Kendaraan	LHR 2016
Gol1	Motor	38
Gol2	Mobil Penumpang	9
Gol3	Minibus, Opelet	18
Gol4	Pickup	12
Gol5a	Bus Kecil	0
Gol5b	Bus Besar	0
Gol6a	Truk Ringan 2AS	45
Gol6b	Truk Berat 2AS	58
Gol7a	Truk Berat 3AS	0
Gol7b	Truck Gandeng 4AS	0
	Jumlah	180

(Sumber : Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional D.I. Yogyakarta, 2016)

5.1.2 Data Nilai CBR

Data nilai CBR adalah data sekunder yang didapat dari perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional D.I.Yogyakarta. Tabel pengujian menggunakan Dynamic Cone Penetrrometer (DCP) dapat dilihat pada Lampiran 4. Nilai CBR tanah dasar (CBR redaman) untuk Jalan Dusun Balong-PlosoKerep adalah 10,08%

5.2 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

5.2.1 Metode Bina Marga 2017

Perancangan kebutuhan lapis perkerasan lentur menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 memerlukan beberapa tahap penyelesaian. Adapun tahapan dari metode ini adalah :

1. Umur Rencana Jalan

Berdasarkan Tabel 3.1, untuk jenis perkerasan lentur dengan elemen perkerasan aspal menggunakan umur rencana 20 tahun dari tahun 2019 sehingga akan habis masa pelayanan pada tahun 2039.

2. Nilai Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Berdasarkan Tabel 3.2, dapat dilihat bahwa Jalan Dusun Balong-Ploso Kerep termasuk pada kelas arteri perkotaan daerah Jawa sehingga faktor pertumbuhan lalu lintas (i) adalah 1,00%.

3. Nilai Faktor Penggali Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R &= \frac{(1+0,01.i)^R-1}{0,01 . i} \\ &= \frac{(1+0,01.1)^{20}-1}{0,01 . 1} \\ &= 22,019003 \end{aligned}$$

4. Nilai Faktor Distribusi Arah (DD) dan Faktor Distribusi Lajur (DL)

Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk Jalan Dusun Balong-PlosoKerep

yang menggunakan sistem dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50. Sedangkan untuk faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL), Jalan Dusun Balong-PlosoKerep bernilai 1 didasarkan pada **Tabel 3.3** adalah 100% karena jumlah lajur per arah adalah 1.

5. Perkiraan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Untuk menghitung faktor kerusakan jalan atau yang biasa disebut dengan *Vehicle Damage Factor* (VDF) perlu diperoleh gambaran tentang beban sumbu kendaraan dan konfigurasi sumbu kendaraan yang ada. Pada Manual Desain Perkerasan Jalan Lentur No 02/M/BM/2017, VDF dibedakan menjadi VDF⁴ dan VDF⁵ sehingga nantinya akan membedakan hasil Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) menjadi CESA₄ dan CESA₅. CESA₄ digunakan untuk menentukan pemilihan jenis perkerasan sedangkan CESA₅ digunakan untuk menentukan tebal perkerasan lentur berdasarkan bagan desain yang disediakan Manual Desain Perkerasan Jalan Lentur No 02/M/BM/2017. Untuk menentukan nilai VDF dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis kendaraan yang dapat kita lihat pada Tabel 3.5. Berdasarkan Tabel 3.5 dapat disimpulkan bahwa masing-masing klasifikasi tiap kelas jalan memiliki VDF₄ dan VDF₅ yang berbeda-beda dan dapat dilihat pada **Tabel 5.2** berikut ini.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Nilai VDF4 dan VDF5

Kode	Jenis Kendaraan	VDF4	VDF5
2,3,4	Sepeda Motor, Mobil Penumpang, Angkutan Umum, Pick-Up, dll	0	0
5a	Bus Besar Dan Kecil Golongan 5a	0,3	0,2

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Nilai VDF4 dan VDF5

Kode	Jenis Kendaraan	VDF4	VDF5
5b	Bus Besar Dan Kecil Golongan 5b	1	1
6a	Truk 2as Golongan 6a	0,55	0,55
6b	Truk 2as Golongan 6b	4	5,1
7a	Truk 3as Golongan 7a	4,7	6,4
7b	Truk 3as Golongan 7b	9,4	13
7c	Truk 3as Golongan 7c	7,4	9,7

(Sumber : Bina Marga,2017)

Dari data-data diatas maka dapat dicari rencana jumlah kendaraan dalam periode 20 tahun. Berikut ini adalah contoh perhitungan kendaraan pada golongan 6a.

$$\begin{aligned}
 ESA_4 &= (\sum_{\text{jenis kendaraan}} LHRT \times VDF_4) \times 365 \times DD \times DL \times R \\
 &= (45 \times 0,55) \times 365 \times 0,5 \times 0,55 \times 22,019003 \\
 &= 54701,3963
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ESA_5 &= (\sum_{\text{jenis kendaraan}} LHRT \times VDF_5) \times 365 \times DD \times DL \times R \\
 &= (45 \times 0,55) \times 365 \times 0,5 \times 0,55 \times 22,019003 \\
 &= 54701,3963
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan beban selanjutnya dan tahun berikutnya dapat dilihat pada **Tabel 5.3** berikut ini.

Tabel 5.3 Prediksi Jumlah Kendaraan Selama Umur Perkerasan

Jenis Kendaraan		LHR	R	Jml Hari	DD	DL	VD F ₄	VDF ₅	Esal ₄	Esal ₅
Gol 1,2 ,3,4	77	77	22,019003	365	0,5	0	0	0	0	0
Gol 5a	0	0	22,019003	365	0,5	0,3	0,3	0,2	0	0
Gol 5b	0	0	22,019003	365	0,5	1	1	1	0	0
Gol 6a	45	45	22,019003	365	0,5	0,55	0,55	0,55	54701,3963	54701,3963
Gol 6b	58	58	22,019003	365	0,5	4	4	5,1	3729138,348	4754651,394
Gol 7a	0	0	22,019003	365	0,5	4,7	4,7	6,4	0	0
Gol 7b	0	0	22,019003	365	0,5	9,4	9,4	13	0	0
Gol 7c	0	0	22,019003	365	0,5	7,4	7,4	9,7	0	0
CESA									3783839,744	4809352,79

(Sumber : Analisis Data, 2019)

Maka dari perhitungan seperti yang tampak pada **Tabel 5.3** di atas didapat nilai :

1. $CESA_4 = 3783839,744$ Esa1
2. $CESA_5 = 4809352,79$ Esa1

6. Menentukan Tipe Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan berdasarkan hasil beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) yang diperoleh sebelumnya, maka dapat dilakukan penentuan jenis perkerasan pada **Tabel 5.4** berikut:

Tabel 5.4 Ketentuan Pertimbangan Jenis Desain Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 – 0,5	0,1 – 4	>4 - 10	>10 – 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan $CBR \geq 2,5\%$)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1, 2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1, 2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

(Sumber : Bina Marga, 2017)

Dengan nilai CESA4 sebesar 3783839,744 Esal jika dimasukkan ke dalam **Tabel 5.4**, jenis perkerasan yang didapat adalah AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir modifikasi dengan (ESA pangkat 4). Aspal modifikasi direkomendasikan digunakan untuk lapis aus (*wearing course*) untuk jalan dengan repetisi lalu lintas selama 20 tahun melebihi 10 juta ESA. Tujuan dari penggunaan bahan pengikat aspal modifikasi adalah untuk memperpanjang umur pelayanan dan umur dan ketahanan deformasi lapis permukaan akibat lalu lintas berat.

7. Mendesain Tebal Perkerasan Jalan

Berdasarkan **Tabel 5.3** maka dengan nilai CESA₅ sebesar 4809352,79 Esal, dapat diperoleh tebal dari **Tabel 5.5** perkerasan sebagai berikut :

Tabel 5.5 Desain Perkerasan Lentur 3A – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10% CESA5)	FF1 < 0,5	0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0
Jenis permukaan	HRS atau Penetrasi makadam	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	250
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10% ³	150	125

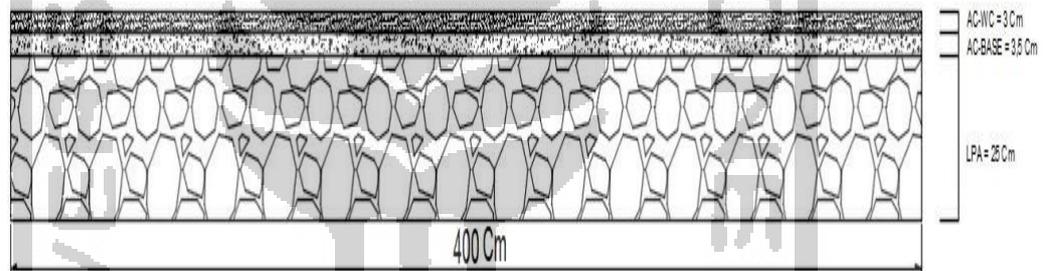
(Sumber : Bina Marga, 2017)

AC WC = 3 cm

AC Base = 3,5 cm

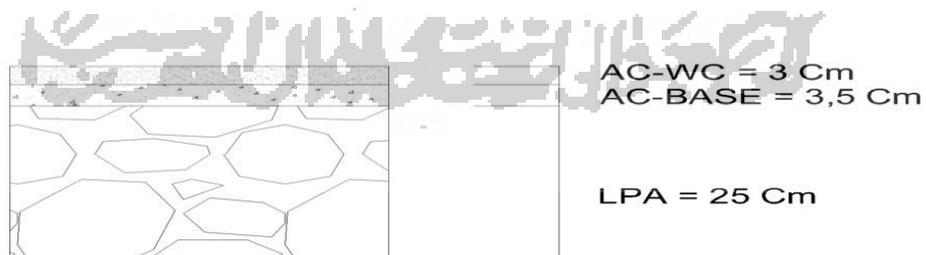
LPA Kelas A = 25 cm

Nilai tebal perkerasan diatas dapat disesuaikan dengan tebal lapis pondasi agregat kelas A pada Tabel 3.10 untuk tanah dasar yang memiliki nilai CBR $\geq 7\%$. Dengan nilai CBR sebesar 10,08 maka dapat dilakukan penyesuaian tebal lapis pondasi agregat A untuk tanah dasar CBR $>10\%$ sehingga tebal LPA menjadi 250 mm. Berikut **Gambar 5.1** perkerasan setelah mengalami penyesuaian lapis pondasi agregat.



Gambar 5.2 Volume perkerasan

(Sumber : Autocad, 2017)



Gambar 5.1 Tebal perkerasan

(Sumber : Autocad, 2017)

5.3 Analisis Biaya

5.3.1 Perhitungan Volume Pekerjaan

Didapat dari perhitungan tebal perkerasan menggunakan metode Bina Marga didapatkan tebal perkerasan, lebar dan panjang jalan yang sudah direncanakan dapat dilihat pada **gambar 5.1** berikut ini :

Dari **gambar 5.2** dapat dihitung volume pekerjaannya

1. Pekerjaan Lapis Pondasi = $0,25\text{m} \times 4\text{m} \times 1500\text{m} = 1500\text{m}^3$
2. Pekerjaan AC-BASE = $0,035\text{m} \times 4\text{m} \times 1500 = 210\text{m}^3$
3. Pekerjaan AC-WC = $0,03\text{m} \times 4\text{m} \times 1500 = 180\text{m}^3$

5.3.2 Analisis Harga Satuan Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Berikut adalah analisis harga satuan lapis pondasi agregat pada **Tabel 5.6** berikut ini :

Tabel 5.6 Harga Satuan Lapis Pondasi kelas A

Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
1. Menggunakan alat berat (cara mekanik) terdiri atas: a. <i>Wheel Loader</i> , waktu siklus untuk memuat dll diambil T_{s1} 0,45 menit b. <i>Dump Truck</i> , c. <i>Motor Grader</i> , d. <i>Tandem Rooler</i> , e. <i>Water Tank Truck</i> , f. Alat bantu. dan g. Tenaga orang (pekerja)				Setiap alat berat harus dianalisis koefisien alatnya masing-masing dalam satuan jam/m ³
2. Lokasi pekerjaan : sepanjang jalan				
3. Kondisi existing jalan : sedang				
4. Jarak rata-rata <i>Base camp</i> ke lokasi pekerjaan	L	1,5	km	
5. Tebal lapis Agregat padat	t	0,25	m	
6. Berat isi padat	BiP	1,81	-	
7. Jam kerja efektif per-hari	Tk	7,00	jam	
8. Lebar bahu jalan	Lb	1,00	m	

Lanjutan Tabel 5.6 Harga Satuan Lapis Pondasi kelas A

9. Proporsi Campuran :				
- Agregat Pecah Mesin 20 - 30 mm	20-30	28,00	%	Gradasi harus memenuhi Spec.
- Agregat Pecah Mesin 5 - 10 & 10 - 20 mm	5-10&10-20	42,00	%	
- Pasir Urug	PU	30,00	%	
10. Berat Isi Agregat (lepas)	BiL	1,51	ton/m ³	
11. Faktor kehilangan Agregat Kls A	Fh	1,05		

1. Urutan Kerja

- a. Wheel Loader mencampur & memuat agregat ke dalam Dump Truck di Base camp
- b. Dump Truck mengangkut Agregat ke lokasi pekerjaan dan dihampar dengan Motor Grader
- c. Hamparan agregat dibasahi dengan Water Tank Truck sebelum dipadatkan dengan tandem Roller
- d. Selama pemadatan sekelompok pekerja akan merapikan tepi hamparan dan level permukaan dengan alat bantu

2. Pemakaian Bahan, Alat dan Tenaga

a. Bahan

Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
- Agregat Kls A = $1M_3 \times \frac{BiP}{BiL} \times F_h = 1 \times \frac{1,81}{1,51} \times 1,05$	(M26)	1,259	m ³	

b. Alat

Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2a) Wheel Loader(E15)				
Kapasitas bucket	V	1,50	m ³	
Faktor bucket	Fb	0,85		
Faktor Efisiensi alat	Fa	0,83		
Waktu Siklus (memuat dll)	Ts1	0,45	menit	
Kap. Prod. / jam = $Q_1 = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_s 1}$	Q1	141,10	m ³	
Koefisien Alat / M ³ : 1 : Q ₁	(E15)	0,0071	jam	

Lanjutan Tabel Alat

Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2b) Motor grader(E13)				
Panjang hamparan	Lh	50,00	m	
Lebar efektif kerja blade	b	2,40	m	
Faktor Efisiensi alat	F _a	0,83	-	
Kecepatan rata-rata alat	v	4,00	km/jam	
Jumlah lintasan	n	2,00	lintasan	
Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
Lajur lintasan	N	3,00		
Lebar Overlap	b ₀	0,30	m	
Waktu Siklus :	T _{s3}			
Perataan 1 Lintasan = $\frac{Lh}{V \times 1000 \times 60}$	T ₁	0,75	menit	
Lain-lain	T ₂	1,00	menit	
Jumlah	T _{s3}	1,75	menit	
Kapasitas Produksi / jam : $Q_3 = \frac{(V \times 1000) \times (N - b_0) \times b_0 \times v \times F_a}{n \times T_{s3}}$	Q ₃	521,71	m ³ / Jam	
Koefisien Alat / M ³ := 1 : Q ₃	(E13)	0,0019	jam	
Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2c) Dump Truck 3,5 Ton (E08)				
Kapasitas bak	V	3,50	ton	
Faktor efisiensi alat	F _a	0,80	-	
Kecepatan rata-rata bermuatan	v ₁	20,00	km/Jam	
Kecepatan rata-rata kosong	v ₂	30,00	km/Jam	
Waktu siklus	T _{s2}			
Muat = $\frac{V \times 60}{Q_1 \times B_i L}$	T ₁	0,99	menit	
Waktu tempuh isi = $\frac{L}{v_1} \times 60$	T ₂	4,5	menit	
Waktu tempuh kosong = $\frac{L}{v_2} \times 60$	T ₃	3	menit	
Lain-lain	T ₄	2,00	menit	
	T _{s2}	10,49	menit	
Kapasitas Produksi / Jam : $Q_2 \times \frac{V \times F_a \times 60}{T_{s2} \times B_i L}$	Q ₂	10,60	m ³ / Jam	

Lanjutan Tabel Alat

Koefisien Alat / M ³ = 1 : Q ₂	(E08)	0,094	jam	
Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2d) Watertank truck (E23)				
Volume tanki air	V	4,00	m ³	
Kebutuhan air / M ³ agregat padat	W _c	0,07	m ³	
Kapasitas pompa air	pa	100,00	liter/menit	
Faktor Efisiensi alat	F _a	0,83	-	
Kapasitas Produksi / Jam :				
$Q_5 = 1000 \times W_c$	Q ₅	70	m ³ / Jam	
Koefisien Alat / M ³ = 1 : Q ₅	(E23)	0,0142	jam	
Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2e) Tandem roller(E17)				
Kecepatan rata-rata alat	v	1,50	KM/jam	
Lebar efektif pemadatan	b	1,20	M	
Jumlah lintasan	n	2,00	lintasan	
Jumlah lajur lintasan	N	3,00		
Lebar overlap	bo	0,30	m	
Faktor Efisiensi alat	F _a	0,83	-	
Kapasitas Produksi / jam :				
$Q_4 = \frac{(V \times 1000) \times N (b - b_0) + b_0 \times v \times F_a}{n}$	Q ₄	155,625	m ³ / Jam	
Koefisien alat : 1 : Q ₄	(E17)	0,0064	jam	

c. Tenaga

Uraian	Kode	Harga	Satuan
Produksi yang menentukan : <i>WHEEL LOADER</i>	Q ₁	141,10	M ³ /jam
Produksi agregat / hari = Tk x Q ₁	Q _t	987,70	M ³
Kebutuhan tenaga :			
- Pekerja	P	7,00	orang
- Mandor	M	1,00	orang
Koefisien tenaga / M ³ :			
- Pekerja = (Tk x P) : Q _t	(L01)	0,0496	jam
- Mandor = (Tk x M) : Q _t	(L04)	0,0071	jam

3. Formulir Untuk Perekaman Analisis Lapis Pondasi kelas A

- a. Data Upah Tenaga (Lampiran 1)
- b. Data Harga Bahan (Lampiran 2)
- c. Data Peralatan Alat Berat (Lampiran 3)

Nomor	Uraian		Satuan	Koefisien	Analisis Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A. TENAGA						
1.	Pekerja	(L01)	jam	0,0496	12857,14286	637,7142
2.	Mandor	(L04)	jam	0,0071	15714,28571	111,5714
	JUMLAH HARGA TENAGA					784,7456
B. BAHAN						
1.	Aggregat A	M26	M ³	1,2586	198.215,28	24.9473,7514
	JUMLAH HARGA BAHAN					249.473,7514
C. PERALATAN						
1.	<i>Wheel Loader</i>	(E15)	jam	0,0071	276.918,15	1.996,111
2.	<i>Dump Truck</i>	(E08)	jam	0,094	217756,71	20.469,130
3.	<i>Motor Grader</i>	(E13)	jam	0,0019	376.451,61	715,258
4.	<i>Tandem Roller</i>	(E17)	jam	0,0064	209.081,03	1.338,118
5.	<i>Water tanker</i>	(E23)	jam	0,0142	362.066,38	5.141,3425
6.	Alat Bantu		Ls	1,000	0,00	0,00
	JUMLAH HARGA PERALATAN					29.659,9595
D.	Jumlah harga tenaga, bahan dan peralatan (A + B + C)					279.918,4565
E.	<i>Overhead & profit</i>	5,0		% x D		41.987,7684
F.	Harga satuan pekerjaan (D + E)					321.906,2249

(Sumber: Analisis Data, 2019)

5.3.3 Analisis Harga Satuan AC-BASE

Berikut adalah analisis harga satuan lapis pondasi agregat pada Tabel 5.7 berikut ini :

Tabel 5.7 Harga Satuan AC-BASE

Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
1) Menggunakan alat (cara mekanis)				
2) Kondisi jalan lama: kurang baik				
3) Lokasi pekerjaan : sepanjang jalan				
4) Jarak rata-rata dari <i>base camp</i> ke lokasi pekerjaan	L	1,5	km	
5) Tebal padat lapis perkerasan AC-BASE	t	0,035	m	

Lanjutan Tabel 5.7 Harga Satuan AC-BASE

6) Jam kerja efektif per hari	Tk	7,00	jam	
7) Komposisi bahan:				
- Agregat	Fh1	1,05	-	
- Aspal	Fh2	1,03	-	
8) Berat isi agregat:				
- Berat isi Agregat (padat)	BiP	1,45	ton/m ³	
- Berat Isi Agregat (lepas)	BiL		ton/m ³	
9) Komposisi campuran AC-BASE :				
- Agr Pch Mesin 5 - 10 & 10 - 20 mm	5-10&10-20	45,91	%	
- Agr Pch Mesin 0 - 5 mm	0-5	48,00	%	
- Semen yang ditambahkan	FF	0,87	%	
- Asphalt		5,22	%	
- Anti Stripping Agent	Asa	0,3	%As	
10) Berat Isi bahan				
- AC-BASE	D1	2,32	ton / m ³	
- Agr Pch Mesin 5 - 10 & 10 - 20 mm	D2	1,42	ton / m ³	
- Agr Pch Mesin 0 - 5 mm	D3	1,57	ton / m ³	
11) Jarak Stock pile ke Cold Bin	l	0,05	km	

1. Urutan Kerja

- a. Membuat patok-patok yang kuat untuk menentukan ketebalannya biasanya 30cm.
- b. Sub base course di sebar kanan kiri biasanya menggunakan exavator agar pengerjaan lebih cepat,
- c. Untuk perataan menggunakan motor grader dan pemadatan menggunakan tandem roller.
- d. Setelah pemadatan cukup merata selanjutnya bisa ketahap berikutnya.

2. Pemakaian Bahan, Alat dan Tenaga

1. Bahan

Uraian		Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
1a).BAHAN					
Aspal	= $\frac{As}{100} \times Fh2) \times 1000$	As	0,05	Ton	
Agregat	= $\frac{1M3 \times BiL}{BiL \times F}$	(M26)	1,259	M ³	

b. Alat

Uraian		Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2a). ASPHALT MIXING PLANT (AMP)					
Kapasitas produksi		V	60,00	ton / Jam	
Faktor Efisiensi alat		Fa	0,83	-	
Kap. Prod. / jam = V x Fa		Q ₂	49,80	ton	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q ₂		E01	0,0200		
Uraian		Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2b). GENERATOR SET					
Kap.Prod. / Jam = SAMA DENGAN AMP		Q ₃	49,80	ton	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q ₃		E12	0,0200	jam	
Uraian		Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2d) DUMP TRUCK (DT)					
Kapasitas bak		V	3,50	Ton	
Faktor Efisiensi alat		Fa	0,80	-	
Kecepatan rata-rata bermuatan		v ₁	20,00	km / Jam	
Kapasitas AMP / batch		Q _{2b}	1,00	ton	
Waktu menyiapkan 1 batch AC-BASE		T _b	1,00	menit	
Waktu Siklus:		T _{s2}			
- Mengisi Bak	= (V : Q _{2b}) x T _b	T ₁	3,50	menit	
- Angkut	= (L : v ₁) x 60 menit	T ₂	4,5	menit	
- Tunggu + dump + Putar		T ₃	15,00	menit	
- Kembali	= (L : v ₂) x 60 menit	T ₄	3,0	menit	
Jumlah		T _{s2}	26	menit	
Kap. Prod. / jam = $Q_4 = \frac{V \times F_a \times 60}{T_{s2}}$		Q ₄	6,4615	ton	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q ₄		E08	0,1547	jam	
Uraian		Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2f) TANDEM ROLLER					
Kecepatan rata-rata alat		v	1,50	km / Jam	
Lebar efektif pemadatan		b	1,48	m	
Jumlah lintasan		n	2,00	lintasan	2 Awal & 4 Akhir

Lanjutan Tabel Alat

Junlah pengupasan tiap lintasan		N	2,00	kali	
Faktor Efisiensi alat		F _a	0,83	-	
Lebar Overlap		b ₀	0,30	m	
Apabila N ≤ 1= 0 Kap. Prod./jam = $Q_6 = \frac{\{(V \times 1000) \times b \times t \times F_a \times D_1\}}{n}$		Q ₆	0,00	ton	
$\frac{\{(1,5 \times 1000) \times 1,48 \times 0,04 \times 0,83 \times 2,32\}}{6}$					
Apabila N > 1: Kap. Prod. / jam = $\{(v \times 1000) \times (N(b - b_0) + b_0) \times t \times F_a \times D_1\}$ n			89,0054	ton	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q ₆		E17	0,0112	jam	
Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan	
<i>2g) PNEUMATIC TIRE ROLLER</i>					
Kecepatan rata-rata		v	2,50	km / jam	
Lebar efektif pemadatan		b	1,99	m	
Jumlah lintasan		n	2,00	lintasan	
Jumlah pengupasan tiap lintasan		N	3,00	kali	
Lebar overlap		b ₀	0,30	m	
Faktor Efisiensi alat		F _a	0,83	-	
Kap. Prod. / jam $Q_7 = \frac{\{(v \times 1000) \times (N(b - b_0) + b_0) \times t \times F_a \times D_1\}}{n}$		Q ₇	150,7985	jam	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q ₇		E18	0,0066	jam	

c. Tenaga

Uraian		Kode	Harga	Satuan
Produksi menentukan : Asphalt Mixing Plant (E01)		Q ₂	49,80	m ² / Jam
Produksi AC-WC / hari = Tk x Q ₂		Q _t	348,60	m ²
Kebutuhan tenaga :	- Pekerja	P	7,00	orang
	- Mandor	M	1,00	orang
Koefisien tenaga / m³ :				
- Pekerja	= (Tk x P) : Q _t	(L01)	0,1405	Jam
- Mandor	= (Tk x M) : Q _t	(L04)	0,0200	Jam

3. Formulir Untuk Perekaman Analisis Harga Satuan AC-BASE

- a. Data Upah Tenaga (Lampiran 1)
- b. Data Harga Bahan (Lampiran 2)
- c. Data Peralatan Alat Berat (Lampiran 3)

Nomor	Uraian	Satuan	Koefisien	Analisis Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
A. TENAGA						
1.	Pekerja	(L01)	jam	0,1405	12857,14286	1.806,4285
2.	Mandor	(L04)	jam	0,0201	15714,28571	315,8571
JUMLAH HARGA TENAGA					2.122,2856	
B. BAHAN						
4	Aspal	M10	Ton	0,054	10.000.000,0	345.600,
5	Agregat		M ₃	1,259	198.215,28	249.553,0375
JUMLAH HARGA BAHAN					595.153,0379	
C. PERALATAN						
1.	AMP	E01	Jam	0,0200	5.439.781,26	109.339,6033
2.	Genset	E12	Jam	0,0200	75.520,50	10.310,41
3.	Dump Truck	E08	Jam	0,1547	217.756,71	33.686,9630
Nomor	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
4.	Tandem Roller	E17	Jam	0,0112	209081,03	2.341,7075
5.	P. Tyre Roller	E18	Jam	0,0066	296003,25	1.953,6214
6.	Alat Bantu		Ls	1,0000		-
JUMLAH HARGA PERALATAN					157.632,3052	
D. JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					754.907,6287	
E. Overhead & profit, contoh 15% x D					113.236,1443	
F. HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E):					868.143,773	

(Sumber: Analisis Data, 2019)

5.3.4 Analisis Harga Satuan AC-WC

Berikut adalah analisis harga satuan lapis pondasi agregat pada **Tabel 5.8** berikut ini :

Tabel 5.8 Harga Satuan AC-WC

Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
1) Menggunakan alat (cara mekanis)				
2) Kondisi jalan lama: kurang baik				
3) Lokasi pekerjaan : sepanjang jalan				
4) Jarak rata-rata dari <i>base camp</i> ke lokasi pekerjaan	L	1,5	km	
5) Tebal padat lapis perkerasan AC-WC	t	0,035	m	
6) Jam kerja efektif per hari	Tk	7,00	jam	
7) Komposisi bahan:				
- Agregat	Fh1	1,05	-	
- Aspal	Fh2	1,03	-	
8) Berat isi agregat:				
- Berat isi Agregat (padat)	BiP	1,45	ton/m ³	
- Berat Isi Agregat (lepas)	BiL		ton/m ³	
9) Komposisi campuran AC-WC :				
- Agr Pch Mesin 5 - 10 & 10 - 20 mm	5-10&10-20	45,91	%	
- Agr Pch Mesin 0 - 5 mm	0-5	48,00	%	
- Semen yang ditambahkan	FF	0,87	%	
- Asphalt	As	5,22	%	
- Anti Stripping Agent	Asa	0,3	% As	
10) Berat Isi bahan				
- AC-BASE	D1	2,32	ton / m ³	
- Agr Pch Mesin 5 - 10 & 10 - 20 mm	D2	1,42	ton / m ³	
- Agr Pch Mesin 0 - 5 mm	D3	1,57	ton / m ³	
11) Jarak Stock pile ke Cold Bin	l	0,05	km	

1. Urutan Kerja

- a. Wheel Loader memuat Agregat ke dalam Cold Bin AMP.
- b. Agregat dan aspal dicampur dan dipanaskan dengan AMP untuk dimuat langsung ke dalam Dump Truck dan diangkut ke lokasi pekerjaan.
- c. Campuran panas AC dihampar dengan Finisher dan dipadatkan dengan Tandem & Pneumatic Tire Roller.

- d. Selama pemadatan, sekelompok pekerja akan merapikan tepi hamparan menggunakan alat bantu.

2. Pemakaian Bahan, Alat dan Tenaga

a. Bahan

Uraian		Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
1a). BAHAN					
Agr 5-10 & 10-15	= {CA x (D1 x 1m3) x Fh} : D2	(M92)	0,7713	m ³	
Agr 0-5	= {FA x (D1 x 1m3) x Fh1} : D3	(M91)	0,7448	m ³	
- Semen	= {FF x (D1 x 1m3) x Fh1} x 1000	FFad	49,168	kg	
Uraian		Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
- Aspal	= As/100 x Fh2) x 1000	As	0,05	Ton	
- Anti Stripping Agent	= (ASa/100 x As/100) x Fh2) x 1000	Asa	0,16	kg	

b. Alat

Uraian		Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2a) WHEEL LOADER					
Kapasitas bucket		V	1,50	m ³	panduan
Faktor bucket		Fb	0,85	-	
Faktor efisiensi alat		Fa	0,83	-	
Waktu Siklus		Ts			
- Kecepatan maju rata rata		Vf1	15,00	km/jam	panduan
- Kecepatan kembali rata rata		Vr2	20,00	km/jam	panduan
- Memuat ke Bin	= (1 x 60) / Vf1	T1	0,20	menit	
- Kembali ke Stock pile	= (1 x 60) / Vr2	T2	0,15	menit	
- Lain - lain		T3	0,75	menit	
Jumlah		Ts1	1,10	menit	
Kap. Prod. / jam	= $Q_1 = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60 \times B_i P}{T_{s1}}$	Q1	83,69	ton	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q1		E15	0,0119	jam	
Uraian		Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2b). ASPHALT MIXING PLANT (AMP)					
Kapasitas produksi		V	60,00	ton / Jam	
Faktor Efisiensi alat		Fa	0,83	-	L
Kap. Prod. / jam	= V x Fa	Q2	49,80	ton	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q2		E01	0,0201		

Lanjutan Tabel Alat

Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2c). GENERATOR SET				
Kap.Prod. / Jam = SAMA DENGAN AMP	Q ₃	49,80	ton	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q ₃	E12	0,0200	jam	
Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2d) DUMP TRUCK (DT)				
Kapasitas bak	V	3,50	Ton	
Faktor Efisiensi alat	F _a	0,80	-	
Kecepatan rata-rata bermuatan	v ₁	20,00	km / Jam	
Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
Kecepatan rata-rata kosong	v ₂	30,00	km / Jam	
Kapasitas AMP / batch	Q _{2b}	1,00	ton	
Waktu menyiapkan 1 batch AC-BASE	T _b	1,00	menit	
Waktu Siklus:	T _{s2}			
- Mengisi Bak	= (V : Q _{2b}) x T _b	T ₁	3,50	menit
- Angkut	= (L : v ₁) x 60 menit	T ₂	4,5	menit
- Tunggu + dump + Putar		T ₃	15,00	menit
- Kembali	= (L : v ₂) x 60 menit	T ₄	3,0	menit
Jumlah	T _{s2}	26	menit	
Kap. Prod. / jam = $Q_4 = \frac{V \times F_{ax} \times 60}{T_{s2}}$	Q ₄	6,4615	ton	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q ₄	E08	0,154 7	jam	
Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2e). ASPHALT FINISHER				
Kecepatan menghampar	V	5,00	m/menit	
Faktor efisiensi alat	F _a	0,83	-	
Lebar hamparan	b	3,15	meter	
Kap.Prod. / jam = V x b x 60 x F _a x t x D ₁	Q ₅	63,6892	ton	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q ₅	E02	0,0156	jam	
Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2f) TANDEM ROLLER				
Kecepatan rata-rata alat	v	1,50	km / Jam	

Lanjutan Tabel Alat

Lebar efektif pemadatan		b	1,48	m	
Jumlah lintasan		n	2,00	lintasan	2 Awal & 4 Akhir
Jumlah pengupasan tiap lintasan		N	3,00	kali	
Faktor Efisiensi alat		F _a	0,83	-	
Lebar Overlap		b ₀	0,30	m	
Apabila $N \leq 1 = 0$ Kap. Prod./jam = $Q_6 = \frac{\{(V \times 1000) \times b \times t \times F_a \times D_1\}}{n}$		Q ₆	0,00	ton	
$\frac{\{(1,50 \times 1000) \times 1,48 \times 0,04 \times 0,83 \times 2,32\}}{6}$					
Apabila $N > 1$: Kap. Prod. / jam = $\frac{(v \times 1000) \times (N(b - b_0) + b_0 \times t \times F_a \times D_1)}{n}$			89,0054	ton	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q ₆		E17	0,0112	jam	
Uraian		Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
2g) PNEUMATIC TIRE ROLLER					
Kecepatan rata-rata		v	2,50	km / jam	
Lebar efektif pemadatan		b	1,99	m	
Jumlah lintasan		n	2,00	lintasan	
Jumlah pengupasan tiap lintasan		N	3,00	kali	
Lebar <i>overlap</i>		b ₀	0,30	m	
Faktor Efisiensi alat		F _a	0,83	-	
Kap. Prod. / jam : $Q_7 = \frac{\{(v \times 1000) \times (N(b - b_0) + b_0 \times t \times F_a \times D_1)\}}{n}$		Q ₇	150,7985	jam	
Koefisien Alat/ton = 1 : Q ₇		E18	0,0066	jam	

c. Tenaga

Uraian		Kode	Harga	Satuan
Produksi menentukan : Asphalt Mixing Plant (E01)		Q ₂	49,80	m ² / Jam
Produksi AC-BASE / hari = Tk x Q ₂		Q _t	348,60	m ²
Uraian		Kode	Harga	Satuan
Kebutuhan tenaga :	- Pekerja	P	7	orang

	- Mandor	M	l	orang
Koefisien tenaga / m ³ :				
- Pekerja	= (Tk x P) : Q _t	(L01)	0,1405	Jam
- Mandor	= (Tk x M) : Q _t	(L04)	0,0200	Jam

3. Formulir Untuk Perekaman Analisis Harga Satuan AC-WC

- a. Data Upah Tenaga (Lampiran 1)
- b. Data Harga Bahan (Lampiran 2)
- c. Data Harga Alat Berat (Lampiran)

Nomor	Uraian	Satuan	Koefisien	Haga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
A.TENAGA						
1.	Pekerja	(L01)	jam	0,1405	12857,14286	1.806,4285
2.	Mandor	(L04)	jam	0,0200	15714,28571	315,8571
				JUMLAH HARGA TENAGA	2.122,2856	
B.BAHAN						
1.	- APM 5 - 10 & 10 - 20 mm	(M92)	m ³	0,771	205.392,3	158.357,4633
2.	- APM 0 - 5 mm	(M91)	m ³	0,745	205.392,3	153.017,2635
3.	- Semen yg ditambahkan	M12	Kg	49,17	1.210,9	59.515,735
Nomor	Uraian	Satuan	Koefisien	Haga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
4.	- Aspal	M10	Ton	0,054	10.000.000,0	345.600
5.	- Anti Stripping Agent	M66	Kg	0,16	36.000,0	3.840
				JUMLAH HARGA BAHAN	720.330,4618	
C.PERALATAN						
1.	Wheel Loader	E15	Jam	0,0119	276.918,15	3.295,3259
2.	AMP	E01	Jam	0,0200	5.439.781,26	108.795,6033
3.	Genset	E12	Jam	0,0200	515.520,50	10.310,41
4.	Dump Truck	E08	Jam	0,1547	217.756,71	33.686,96304
5.	Asp. Finisher	E02	Jam	0,0156	228.804,24	3.569,3461
6.	Tandem Roller	E17	Jam	0,0112	209.081,03	2.341,7075
7.	Pneumatic tyre Roller	E18	Jam	0,0066	296.003,25	1.953,6214
8.	Alat Bantu		Ls	1,0000	0,00	-
				JUMLAH HARGA PERALATAN	164.496,9772	
D.JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERALATAN (A + B + C)					886.949,7246	
E.Overhead & profit, contoh 15% x D					133.042,4587	
F.HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E):					1.019.992,183	

(Sumber: Analisis Data, 2019)

Tabel 5.9 Jumlah Harga Satuan Pekerjaan

No	Analisis Satuan Pekerjaan	Volume	Jumlah Harga
1	Lapis pondasi agregat A	1500 m ³	Rp321.906,2249 / m ³
2	AC-BASE	210 m ³	Rp868.143,773 / m ³
3	AC-WC	180 m ³	Rp1.019.992,183 / m ³
Jumlah Harga			Rp2.210.042,181 / m ³

(Sumber: Analisis Data, 2019)

Berdasarkan perhitungan **Tabel 5.9** tersebut maka harga satuan pekerjaan perkerasan lentur adalah Rp 2.210.042,181/m³. Seperti yang diketahui perkerasan jalan yang direncanakan mempunyai lebar 4m dengan panjang 1500 m dan tebal 0,315 m. Luas penampang perkerasan yang diperoleh dari aplikasi Autocad 2017 adalah sebesar 1,260 m². Volume perkerasan lentur didapat dari panjang jalan dikali dengan luas penampang jalan. Sehingga panjang jalan 1500 m dikali dengan penampang jalan seluas 1,260 m² didapatkan hasil volume perkerasan sebesar 1890 m³.

Berdasarkan **Tabel 5.9** maka biaya pekerjaan perkerasan jalan lentur dapat diperoleh dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Sehingga total biaya pekerjaan perkerasan jalan lentur yang didapat dari 1890 m³ x Rp2.210.042,181 adalah sebesar Rp 4.176.979.722,00.

5.3.5 Biaya Siklus Hidup (*Life-Cycle Cost*)

Dalam menghitung siklus hidup suatu pekerjaan jalan perlu terlebih dahulu direncanakan strategi perawatan dan rehabilitasi dari perkerasan tersebut. Penelitian ini menggunakan strategi redesain perawatan dan rehabilitasi perkerasan lentur akan ditampilkan dalam **Tabel 5.10** berikut ini:

Tabel 5.10 Strategi Perawatan Perkerasan Lentur

Jenis Penanganan	Kegiatan
Pemeliharaan rutin	Pembersihan jalan
<p>Output: Pemeliharaan rutin/Rutin Kondisi</p> <p>Dilakukan pada ruas jalan yang dalam kondisi baik atau sedang</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pemeliharaan sistem drainase -Pemeliharaan tumbuhan/tanaman liar didalam rumija -Pengisian celah/retak permukaan -Penambalan ulang
Pemeliharaan Preventif	Kegiatan
<p>Dilakukan pada ruas jalan yang karena pengaruh cuaca / lalu lintas mengalami kerusakan lebih luas sehingga perlu dilakukan pencegahan.</p>	<p>Pelapisan aspal tipis, termasuk diantaranya fog seal, chip seal, slurry seal, micro seal, dan sami</p>
Rehabilitas Minor	Kegiatan
<p>Dilakukan pada ruas jalan yang dalam kondisi rusak ringan</p>	<ul style="list-style-type: none"> -penggantian/perbaikan -Perlengkapan jalan yang rusak/hilang -Pemarkaan ulang -Penambalan ulang -Penggarukan, penambahan untuk jalan tanpa penutup -Pembersihan rumaja

Lanjutan Tabel 5.10 Strategi Perawatan Perkerasan Lentur

Rehabilitasi Major	Kegiatan
<p>Dilakukan pada ruas jalan yang dalam kondisi rusak ringan dan ruas jalan yang semula ditangani melalui pemeliharaan rutin namun karena suatu sebab mengalami kerusakan yang tidak diperhitungkan, yang berakibat menurunnya kondisi menjadi kondisi rusak ringan</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Pemeliharaan / pembersihan rumaja -Pengkerikilan kembali untuk jalan tanpa penutup -Pemarkaan -Perbaikan / Pembuatan drainase -Pekerjaan struktur perkerasan -Penyiapan tanah dasar -Pekerjaan galian / timbunan -Penanganan tanggap darurat -Penambalan lubang -Perbaikan/penggantian perlengkapan jalan -Perbaikan bangunan pelengkap -Pelapisan ulang -Perbaikan bahu jalan
Rekontruksi	Kegiatan
<p>Dilakukan pada ruas jalan dengan kondisi rusak berat</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaikan seluruh struktur perkerasan, drainase, bahu jalan, tebing, dan talud.
	<ul style="list-style-type: none"> -Peningkatan kekuatan struktur berupa pelapisan ulang perkerasan dan bahu jalan sesuai umur rencananya kembali -Perbaikan perlengkapan jalan -Perbaikan bangunan pelengkap -Pemeliharaan/Pembersihan rumaja
<p>Pelebaran menuju standar</p>	<p>Kegiatan melebarkan badan jalan menuju standar sesuai dengan spesifikasinya (jalan raya/jalan sedang/jalan kecil) dengan merekonstruksi jalan</p>

(Sumber : Bina Marga, 2017)

Modifikasi yang dilakukan adalah dengan hanya menerapkan strategi perawatan dan rehabilitasi pada tahun ke 5, 10, 15 dan 20. Hal ini dikarenakan perbedaan fungsi jalan yang menjadi acuan dasar strategi perawatan serta penyesuaian dengan kondisi di Indonesia. Perawatan dan rehabilitasi dilakukan tiap 5 tahun sekali selama umur rencana. Berikut **Tabel 5.11** menjelaskan strategi perawatan yang telah dimodifikasi.

Tabel 5.11 Strategi Perawatan Perkerasan yang direncanakan

Tahun	Perawatan yang dilakukan
5	Pekerjaan perkerasan aspal lapis perekat – aspal cair
	Pekerjaan perkerasan laston lapis aus merata (AC-WC) (gradasi halus/kasar)
10	Pekerjaan perkerasan aspal lapis perekat – aspal cair
	Pekerjaan perkerasan laston lapis aus merata (AC-WC) (gradasi halus/kasar)
15	Pekerjaan perkerasan aspal lapis perekat – aspal cair
	Pekerjaan perkerasan laston lapis aus merata (AC-WC) (gradasi halus/kasar)
20	Pekerjaan perkerasan aspal lapis perekat – aspal cair
	Pekerjaan perkerasan laston lapis aus merata (AC-WC) (gradasi halus/kasar)

(Sumber : Bina Marga, 2017)

Data pada **Lampiran 5** yang diperoleh dari situs resmi Bank Indonesia menunjukkan nilai BI 7-Day Repo Rate. Nilai rata-rata data tersebut adalah sebesar 5,8%. maka diasumsikan BI Rate pada tahun tersebut adalah 6%, dan **Lampiran 2** adalah harga satuan bahan. Setelah strategi yang telah direncanakan sudah di rencanakan setelah itu akan dilakukan rekapitulasi biaya perawatan selama umur rencana pada **Tabel 5.12** berikut ini :-

Tabel 5.12 Rekapitulasi Biaya Perawatan Selama Umur Rencana

#	Tahun	keterangan	Unit	Panjang/Jumlah
Perawatan Jalan	5	Panjang jalan	m	375
		Lebar jalan	m	4
		Tebal perkerasan	m	0,03

Lanjutan Tabel 5.12 Rekapitulasi Biaya Perawatan Selama Umur Rencana

		Lapis perekat – aspal cair	ltr	300
		Laston lapis Aus perata	ton	103,50
		Harga satuan lapis perekat	-	Rp 13.245,00
		Harga satuan Laston lapis	-	Rp 1.337.197,34
		Probabilitas kenaikan harga satuan	%	30%
		Biaya Perawatan #1		Rp142.373.425,19
Perawatan Jalan	10	Panjang jalan	m	375
		Lebar jalan	m	4
		Tebal perkerasan	m	0,03
		Lapis perekat – aspal cair	ltr	300
		Laston lapis Aus perata	ton	103,50
		Harga satuan lapis perekat	-	Rp 17218,50
		Harga satuan Laston lapis	-	Rp 1.738.356,54
		Probabilitas kenaikan harga satuan	%	30
		Biaya Perawatan #2		Rp185.085.452,74
Perawatan Jalan	15	Panjang jalan	m	375
		Lebar jalan	m	4
		Tebal perkerasan	m	0,03
		Lapis perekat – aspal cair	ltr	300
		Laston lapis Aus perata	ton	103,50
		Harga satuan lapis perekat	-	Rp 22.384,05
		Harga satuan laston lapis	-	Rp 2.259.863,502
		Probabilitas kenaikan harga satuan	%	30
		Biaya Perawatan #3		Rp 240.611.088,6
Perawatan Sambungan #4	20	Panjang jalan	m	375
		Lebar jalan	m	4
		Tebal perkerasan	m	0,03
		Lapis perekat – aspal cair	ltr	300
		Laston lapis Aus perata	ton	103,50
		Harga satuan lapis perekat	-	Rp 29.099,265
		Harga satuan laston lapis	-	Rp 2.937.822,553
			%	30
		Biaya Perawatan #4		Rp 312.794.415,2
				Rp 880.864.381,7

(Sumber: Analisis Data, 2019)

Hasil perhitungan nilai sekarang dari perawatan tersebut ditambah dengan nilai konstruksi awal dari perkerasan merupakan biaya siklus hidup perkerasan lentur ruas Balong-Plosokerep.

Maka selanjutnya diperoleh biaya siklus hidup perkerasan sebesar Rp5.057.844.104,00 Total biaya sekarang perkerasan selama umur rencana ini nanti akan dimasukkan dalam rumus analisis manfaat biaya (B/C) yang dimana untuk benefit dari perkerasan akan dijelaskan dalam subbab selanjutnya.

5.4 ANALISIS MANFAAT

Manfaat yang akan dianalisis disini adalah penghematan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) tidak tetap (*running cost*). Analisis manfaat perkerasan akan memperbandingkan Biaya Operasional Kendaraan antara perkerasan jalan eksisting (*without project*) dengan perkerasan jalan baru (*with project*).

5.4.1 Perhitungan BOK *Without Project*

Dalam perhitungan dibutuhkan harga-harga unit yang ditampilkan **Tabel**

5.13 berikut

Tabel 5.13 Daftar item dan harga unit-unik BOK yang digunakan

No	Item Biaya	Harga Ekonomi	Satuan
1	Bensin	Rp7.650	Rp/liter
2	Bio Solar	Rp9.800	Rp/liter
3	Oli		
	Sedan	Rp75.000	Rp/liter
	Utiliti	Rp75.000	Rp/liter
	Bus Kecil	Rp70.000	Rp/liter
	Bus Besar	Rp70.000	Rp/liter
	Truk Ringan	Rp70.000	Rp/liter
	Truk Sedang	Rp70.000	Rp/liter
	Truk Berat	Rp70.000	Rp/liter
4	Kendaraan Baru		
	Sedan	Rp190.292.000	Rp/kendaraan
	Utiliti	Rp112.936.000	Rp/kendaraan
	Bus Kecil	Rp258.822.624	Rp/kendaraan

Tabel 5.13 Daftar item dan harga unit-unik BOK yang digunakan

	Bus Besar	Rp442.122.624	Rp/kendaraan
	Truk Ringan	Rp219.148.416	Rp/kendaraan
	Truk Sedang	Rp506.122.624	Rp/kendaraan
	Truk Berat	Rp601.871.040	Rp/kendaraan
5	Upah Tenaga Pemeliharaan	Rp7.813	Rp/jam
6	Ban Baru		
	Sedan	Rp452.000	Rp/ban baru
	Utiliti	Rp566.000	Rp/ban baru
	Bus Kecil	Rp1.312.896	Rp/ban baru
	Bus Besar	Rp1.312.896	Rp/ban baru
	Truk Ringan	Rp1.312.896	Rp/ban baru
	Truk Sedang	Rp1.969.344	Rp/ban baru
	Truk Berat	Rp3.282.240	Rp/ban baru

(Sumber: Data sekunder, 2019)

1. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Beberapa input data yang dibutuhkan untuk mencari biaya konsumsi bahan bakar adalah percepatan rata-rata, kecepatan rata-rata lalu lintas, simpangan percepatan, tanjakan dan turunan serta berat kendaraan total yang direkomendasikan

Untuk kecepatan rata-rata lalu lintas perkerasan eksisting, karena perkerasan mengalami kerusakan yang cukup parah, maka kecepatan rata-rata lalu lintas diasumsikan 10km/jam.

Untuk percepatan rata-rata dihitung menggunakan **persamaan 3.4**. Volume lalu lintas dan kapasitas jalan pada perkerasan eksisting ini diasumsikan sama seperti pada ruas Suruh-Singlar yaitu sebesar 106 kendaraan/jam dan 1575,28 kendaraan/jam. **Tabel 5.14** berikut perhitungan percepatan rata-rata.

Tabel 5.14 Perhitungan Percepatan Rata-rata

Volume Lalu Lintas	Kapasitas Jalan	AR
<i>a</i>	<i>b</i>	$c = 0,012 \times a/b$
106	1575,28	0,000861

(Sumber: Analisis Data, 2019)

Maka berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh percepatan rata-rata sebesar 0,000861.

Sedangkan untuk perhitungan simpang percepatan digunakan **persamaan 3.5**. **Tabel 5.15** berikut ditampilkan perhitungan simpangan.

Tabel 5.15 Perhitungan Simpang Percepatan

SA max	a0	a1	v	c	SA
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$f = a (1,04/1 + \exp^{(b+c)x d/e})$
0,75	5,140	-8,260	106	1575,28	0,430

(Sumber: Analisis Data, 2019)

Berdasarkan **Tabel 5.15** maka diperoleh SA sebesar 0,430. Selanjutnya perhitungan tanjakan dan turunan ditentukan melalui **Tabel 3.16** tentang alinemen vertical yang direkomendasikan pada berbagai median jalan. Kondisi jala pada penelitian ini memiliki kontur bukit, **Tabel 5.16** berikut nilai tanjakan rata-rata dan turunan rata-rata yang digunakan.

Tabel 5.16 Nilai Tanjakan Rata-rata dan Turunan Rata-rata yang digunakan

No	Kondisi Medan	Tanjakan rata-rata (m/km)	Turunan rata-rata (m/km)
1	Bukit	12,5	-12,5

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Sementara itu berat kendaraan total yang digunakan merupakan nilai maksimum. **Tabel 5.17** berikut ditampilkan berat kendaraan total yang digunakan.

Tabel 5.17 Berat Kendaraan Total yang digunakan

Jenis Kendaraan	Nilai maksimum (ton)
Sedan	1,5
Utiliti	2,0
Bus Kecil	4,0
Bus Besar	12,0
Truk Ringan	6,0

Lanjutan Tabel 5.17 Berat Kendaraan Total yang digunakan

Truk Sedang	15,0
Truk Berat	25,0

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Selanjutnya dapat dihitung biaya konsumsi bahan bakar minyak menggunakan **Persamaan 3.6**.

Berdasarkan **Persamaan 3.6**, KBBMi perlu dicari terlebih dahulu. Untuk mencari KBBMi digunakan **Persamaan 3.7**.

Nilai konstanta dan koefisien parameter dalam **Persamaan 3.7** tersebut ditentukan dalam **Tabel 3.13**.

Berdasarkan **Persamaan 3.7** dan **Persamaan 3.6** hasil KBBMi dan BiBBMj ditampilkan dalam **Tabel 5.18** berikut ini.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Bahan Bakar (BiBBMj) Perkerasan

Jenis Kendaraan	KBBMi (liter/km)	HBBMj (Rp/liter)	BiBBMj (Rp/Km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c$
Sedan	0,166	7650,000	1269,9
Utiliti	0,182	7650,000	1392,3
Bus Kecil	0,329	9800,000	3224,2
Bus Besar	0,574	9800,000	5625,2
Truk Ringan	0,314	9800,000	3077,2
Truk Sedang	0,244	9800,000	2391,2
Truk Berat	1,166	9800,000	11426,8

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

2. Biaya Konsumsi Oli

Biaya Konsumsi oli untuk masing-masing jenis kendaraan dapat dihitung dengan **Persamaan 3.8**. Sementara KOi dicari dengan menggunakan **Persamaan 3.9**. Selanjutnya OHKi diperoleh dari **Persamaan 3.10** **Tabel 5.19** berikut ditampilkan perhitungan OHKi.

Nilai OHO_i , KPO_i dan JPO_i diperoleh dari Tabel 3.12 tentang nilai tipikal JPO_i , KPO_i dan OHO_i . Hasil perhitungan biaya konsumsi oli ditampilkan dalam Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Oli (Bo_j) Perkerasan Eksisting

Jenis Kendaraan	JPO_i	$KAPO_i$	OHO_i	OHK_i	$KBBM_i$ (liter/km)	Ko_i (liter/km)	Ho_j (Rp/liter)	Bo_i (Rp/km)
a	b	c	d	$e = c/b$	f	$g = (d+e) \times f$	h	$i = g \times h$
Sedan	2000	3,5	0,0000028	0,00175	0,166	0,001750464	75000	131,2848
Utiliti	2000	3,5	0,0000028	0,00175	0,182	0,001750508	75000	131,2881
Bus Kecil	2000	6	0,0000028	0,003	0,329	0,003000922	70000	210,0645
Bus Besar	2000	12	0,0000028	0,006	0,574	0,006001607	70000	420,1124
Truk Ringan	2000	6	0,0000028	0,003	0,314	0,00300088	70000	210,0616
Truk Sedang	2000	12	0,0000028	0,006	0,244	0,006000683	70000	420,0478
Truk Berat	2000	24	0,0000028	0,012	1,166	0,012003265	70000	840,2285

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

3. Biaya Konsumsi Suku Cadang

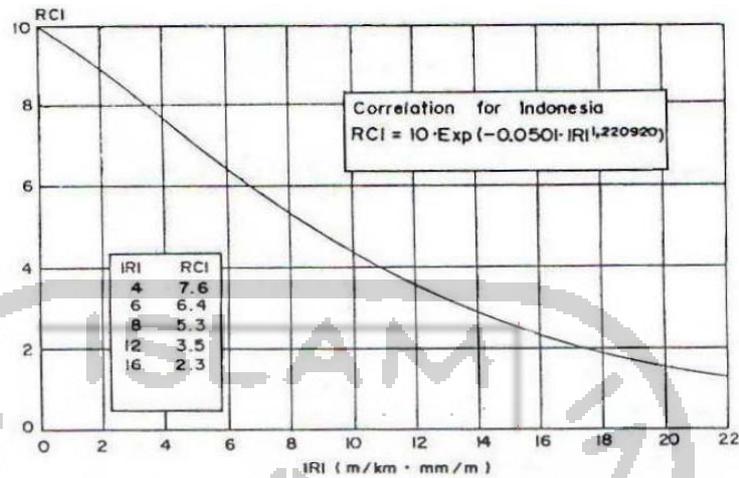
Beberapa input yang harus diperhatikan untuk mencari biaya konsumsi suku cadang adalah kekasaran permukaan jalan dan harga kendaraan baru. Tabel 3.15 tentang kondisi secara visual dan nilai RCI. Tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.20 Nilai RCI Permukaan Jalan yang digunakan

RCI	Kondisi Permukaan Jalan secara Visual
2-3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur

(Sumber: Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1992)

Berdasarkan Tabel 5.20 maka dipilih RCI sebesar 2,5 dimana kondisi permukaan jalan rusak berat, banyak lubang dan beberapa daerah perkerasan hancur. Nilai RCI tersebut kemudian dikonversikan kedalam nilai IRI menggunakan grafik pada Gambar 3.3. Gambar 5.3 berikut ditampilkan penentuan nilai IRI.



Gambar 5.3 Penentuan Nilai IRI berdasarkan nilai RCI

Berdasarkan grafik maka nilai IRI yang diperoleh adalah sebesar 15,15. Selanjutnya input yang lain adalah harga kendaraan baru. Harga kendaraan baru diperoleh dari survei internet. Harga kendaraan baru yang dipakai adalah harga kendaraan baru tersebut dikurangi nilai ban yang digunakan.

Biaya konsumsi suku cadang dapat diperoleh dengan **Persamaan 3.11**. Sedangkan P_i yang menjadi unsur **Persamaan 3.12** dapat dicari dari **Persamaan 3.11** seperti yang dijelaskan sebelumnya nilai IRI adalah sebesar 15,15. Untuk KJT digunakan asumsi semua jenis kendaraan memiliki jarak tempuh 5000 km untuk satu kali perawatan. Sedangkan untuk nilai ϕ serta γ_1 & γ_2 diperoleh dari **Tabel 3.16**. **Tabel 5.21** berikut ditampilkan perhitungan nilai P_i .

Tabel 5.21 Perhitungan Nilai P_i .

Jenis Kendaraan	ϕ	γ_1	γ_2	IRI	KJT	P_i
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	$g = (b + c \times e) (f / 100000)^d$
Sedan	-0,69	0,42	0,1	15,15	5000	4,204
Utiliti	-0,69	0,42	0,1	15,15	5000	4,204
Bus Kecil	-0,73	0,43	0,1	15,15	5000	4,287
Bus Besar	-0,15	0,13	0,1	15,15	5000	1,348
Truk Ringan	-0,64	0,27	0,2	15,15	5000	1,895
Truk Sedang	-1,26	0,46	0,1	15,15	5000	4,231
Truk Berat	-0,86	0,32	0,4	15,15	5000	1,203

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

Berdasarkan itu maka kemudian dapat dihitung biaya konsumsi suku cadang. **Tabel 5.22** berikut menampilkan hasil perhitungan biaya konsumsi suku cadang sesuai jenis kendaraan.

Tabel 5.22 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Suku Cadang (B_{pi}) Perkerasan Eksisting

Jenis Kendaraan	P _i	HKB _i (Rp)	BP _i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c / 1000000$
Sedan	4,204	Rp190.292.000	800,074
Utiliti	4,204	Rp112.936.000	474,834
Bus Kecil	4,287	Rp258.822.624	1109,596
Bus Besar	1,348	Rp442.122.624	596,200
Truk Ringan	1,895	Rp219.148.416	415,350
Truk Sedang	4,231	Rp506.122.624	2141,474
Truk Berat	1,203	Rp601.871.040	724,180

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

4. Biaya Upah Perbaikan Kendaraan

Biaya upah perbaikan kendaraan dapat dihitung dengan **Persamaan 3.13**. Sedangkan untuk menghitung J_{pi} yang menjadi unsur **Persamaan 3.14** digunakan **Persamaan 3.13**.

Nilai a₀ dan a₁ yang mejadi unsur dari **Persamaan 3.14** diperoleh dari **Tabel 3.17**. **Tabel 5.23** berikut ditampilkan perhitungan nilai J_{pi}.

Tabel 5.23 Perhitungan Nilai J_{pi}

Jenis Kendaraan	P _i	a ₀	a ₁	JP _i (jam/1000km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$e = c \times b^d$
Sedan	4,204	77,14	0,547	169,219
Utiliti	4,204	77,14	0,547	169,219
Bus Kecil	4,287	242,03	0,519	515,183
Bus Besar	1,348	293,44	0,517	342,493
Truk Ringan	1,895	242,03	0,519	337,274
Truk Sedang	4,231	242,03	0,517	510,208
Truk Berat	1,203	301,46	0,519	331,839

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

Sedangkan UTP diperoleh dari upah montir perbulan sebesar gaji Upah Minimum Regional DIY sebesar Rp.1.500.000 dibagi dengan jumlah jam bekerja selama satu bulan. Jumlah jam kerja selama 1 hari montir diasumsikan 7 jam. Montir bekerja 6 hari dalam satu minggu. Maka total jam kerja dalam sebulan adalah 168 jam. Maka upah montir per jam adalah Rp. 1.500.000 dibagi dengan 168 jam. Diperoleh UTP sebesar Rp. 8928,5. Berdasarkan itu maka biaya upah perbaikan kendaraan dapat diketahui. **Tabel 5.24** berikut ini akan menampilkan rekapitulasi biaya upah perbaikan kendaraan per setiap jenis kendaran.

Tabel 5.24 Rekapitulasi Biaya Upah Perbaikan Kendaraan (Bui) Perkerasan Eksisting

Jenis Kendaraan	JP _i (jam/1000km)	UTP (Rp/jam)	BU _i (Rp/km)
Sedan	169,219	8928,5	1510,871
Utiliti	169,219	8928,5	1510,871
Bus Kecil	515,183	8928,5	4599,811
Bus Besar	342,493	8928,5	3057,948
Truk Ringan	337,274	8928,5	3011,350
Truk Sedang	510,208	8928,5	4555,392
Truk Berat	331,839	8928,5	2962,824

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

5. Biaya Konsumsi Ban

Beberapa input yang perlu diketahui sebelum menghitung biaya konsumsi ban adalah nilai tanjakan & turunan (TTR) dan derajat tikungan (DTR). Nilai TTR diperoleh dari **Tabel 3.18**, sedangkan nilai DTR diperoleh dari **Tabel 3.19**. **Tabel 5.25** berikut merangkum nilai TTR dan DTR yang digunakan.

Tabel 5.25 Nilai TTR dan DTR yang digunakan

Kondisi Medan	TTR (m/km)	DTR (°/km)
Bukit	25	115

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan Bagian 1. Biaya Tidak Tetap, 2005)

Berdasarkan tabel tersebut maka nilai TTR adalah 25. Sedangkan untuk DTR digunakan nilai sebesar 115 %/km.

Biaya konsumsi ban sendiri diperoleh dari **Persamaan 3.15**. Sedangkan Kb_i yang menjadi unsur **Persamaan 3.15** dicari dengan **Persamaan 3.16**.

Nilai konstanta dan koefisien parameter yang menjadi unsur **Persamaan 3.16** dapat diperoleh dari **Tabel 3.17**. **Tabel 5.26** berikut ditampilkan perhitungan Kb_i . **Tabel 5.26** berikut ditampilkan perhitungan Kb_i .

Tabel 5.26 Perhitungan Kb_i

χ	δ_1	δ_2	δ_3	IRI	TTR (m/km)	DTR (%/km)	Kb_i (EBB/1000km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	$h = a + (b \times e) + (c \times f) + (d \times g)$
-0,01471	0,01489	-	-	15,15	25	115	0,21087
0,01905	0,01489	-	-	15,15	25	115	0,24463
0,024	0,025	0,0035	0,00067	15,15	25	115	0,5673
0,10153	-	0,000963	0,000244	15,15	25	115	0,15367
0,024	0,025	0,0035	0,00067	15,15	25	115	0,5673
0,095835	-	0,001738	0,000184	15,15	25	115	0,16045
0,15835	-	0,00256	0,00028	15,15	25	115	0,25455

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

Berdasarkan tabel diatas maka biaya konsumsi ban dapat diperoleh. **Tabel 5.27** berikut ini menampilkan rekapitulasi biaya konsumsi ban per jenis kendaraan.

Tabel 5.27 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Ban (Bb_i) Perkerasan Eksisting

Jenis Kendaraan	Kb_i (EBB/1000km)	HB_j (Rp)	Bb_i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c$
Sedan	0,211	Rp1.808.000	95,315
Utiliti	0,245	Rp2.264.000	138,463
Bus Kecil	0,567	Rp7.877.376	744,806
Bus Besar	0,154	Rp7.877.376	201,746
Truk Ringan	0,567	Rp5.251.584	744,806
Truk Sedang	0,160	Rp7.877.376	315,971
Truk Berat	0,255	Rp13.128.960	835,494

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

Setelah diperoleh semua biaya dalam unsur BOK tidak tetap tersebut, maka nilai BTT dapat dicari dengan **Persamaan 3.17**. **Tabel 5.28** berikut ini menampilkan rekapitulasi BTT *without project*.

Tabel 5.28 Rekapitulasi BOK Tidak Tetap Without Project

Jenis Kendaraan	Komponen BOK Tidak Tetap (Rp/km)					BOK Tidak Tetap (Rp/km)
	BBM	Oli	Suku Cadang	Upah	Ban	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$g = a+b+c+d+e$
Sedan	1269,9	131,2848	800,074	1510,871	95,315	3807,4448
Utiliti	1392,3	131,2881	474,834	1510,871	138,463	3647,7561
Bus Kecil	3224,2	210,0645	1109,596	4599,811	744,806	9888,4775
Bus Besar	5625,2	420,1124	596,200	3057,948	201,746	9901,2064
Truk Ringan	3077,2	210,0616	415,350	3011,350	744,806	7458,7676
Truk Sedang	2391,2	420,0478	2141,474	4555,392	315,971	9824,0848
Truk Berat	11426,8	840,2285	724,180	2962,824	835,494	16789,5265

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

Setelah BOK tidak tetap *without project* diperoleh, maka selanjutnya perlu dicari BOK tidak tetap *with project*.

5.4.2 Perhitungan BOK With Project

Perhitungan BOK untuk perkerasan baru sama seperti perhitungan BOK yang telah dilakukan pada perkerasan eksisting. Input yang berbeda hanya dalam kecepatan rencana dan nilai IRI. Seperti yang diketahui perkerasan baru akan memberikan kenyamanan dalam berkendara. Maka dari itu untuk kecepatan rencana yang digunakan untuk mobil penumpang diasumsikan 50 km/jam sedangkan untuk kendaraan berat 30 km/jam.

Untuk nilai IRI sendiri, karena perkerasan baru dan secara fisik dapat dinilai baik dalam kategori RCI, maka nilai RCI yang digunakan adalah 6. Nilai RCI tersebut jika dikonversikan ke nilai IRI menjadi sebesar 6,7. Maka selanjutnya dapat dicari biaya operasional kendaraan sebagaimana pada perhitungan sebelumnya.

1. Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Dari hasil perhitungan diperoleh biaya konsumsi bahan bakar yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.29** berikut ini.

Tabel 5.29 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Bahan Bakar (B_iBBM_j) Perkerasan

Jenis Kendaraan	KBBM _i (liter/km)	HBBM _j (Rp/liter)	B _i BBM _j (Rp/Km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d = b x c</i>
Sedan	0,080	7.650	612
Utiliti	0,095	7.650	726,75
Bus Kecil	0,161	9.800	1577,8
Bus Besar	0,263	9.800	2577,4
Truk Ringan	0,229	9.800	2244,2
Truk Sedang	0,256	9.800	2508,8
Truk Berat	0,545	9.800	5341

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

2. Biaya Konsumsi Oli

Dari hasil perhitungan diperoleh biaya konsumsi oli yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.30** berikut ini.

Tabel 5.30 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Oli (Bo_i) Perkerasan

Jenis Kendaraan	KO _i (liter/km)	HO _j (Rp/liter)	BO _i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d = b x c</i>
Sedan	0,002	75.000	150
Utiliti	0,002	75.000	150
Bus Kecil	0,003	70.000	210
Bus Besar	0,006	70.000	420
Truk Ringan	0,003	70.000	210
Truk Sedang	0,006	70.000	420
Truk Berat	0,012	70.000	840

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

3. Biaya Konsumsi Suku Cadang

Dari hasil perhitungan diperoleh biaya konsumsi suku cadang yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.31** berikut ini.

Tabel 5.31 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Suku Cadang (BP_i) Perkerasan

Jenis Kendaraan	P _i	HKB _i (Rp)	BP _i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c / 1000000$
Sedan	1,574	Rp 190.292.000	299,552
Utiliti	1,574	Rp 112.936.000	177,780
Bus Kecil	1,594	Rp 258.822.624	412,610
Bus Besar	0,534	Rp 442.122.624	236,252
Truk Ringan	0,642	Rp 219.148.416	140,717
Truk Sedang	1,350	Rp 506.122.624	683,441
Truk Berat	0,387	Rp. 601.871.040	233,161

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

4. Biaya Upah Perbaikan Kendaraan

Dari hasil perhitungan diperoleh biaya upah perbaikan kendaraan yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.32** berikut ini.

Tabel 5.32 Rekapitulasi Biaya Upah Perbaikan Kendaraan (BU_i) Perkerasan

Jenis Kendaraan	JP _i (jam/1000km)	UTP (Rp/jam)	BU _i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c / 1000$
Sedan	98,871	8928,5	882,7697
Utiliti	98,871	8928,5	882,7697
Bus Kecil	308,309	8928,5	2752,7369
Bus Besar	212,231	8928,5	1894,9044
Truk Ringan	192,317	8928,5	1717,1023
Truk Sedang	282,689	8928,5	2523,9887
Truk Berat	184,281	8928,5	1645,3529

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

5. Biaya Konsumsi Ban

Dari hasil perhitungan diperoleh biaya konsumsi kendaraan yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.33** berikut ini.

Tabel 5.33 Rekapitulasi Biaya Konsumsi Ban (BB_i) Perkerasan

Jenis Kendaraan	KB _i (EBB/1000km)	HB _j (Rp)	BB _i (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	$d = b \times c / 1000$
Sedan	0,085	Rp1.808.000	38,444
Utiliti	0,119	Rp2.264.000	67,248
Bus Kecil	0,356	Rp7.877.376	467,457
Bus Besar	0,154	Rp7.877.376	201,746
Truk Ringan	0,356	Rp5.251.584	467,457
Truk Sedang	0,160	Rp7.877.376	315,971
Truk Berat	0,255	Rp13.128.960	835,494

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

Berdasarkan perhitungan biaya-biaya tersebut maka dapat dicari BOK tidak tetap dari perkerasan baru tersebut. Berikut dalam **Tabel 5.34** akan ditampilkan BOK tidak tetap untuk perkerasan baru.

Tabel 5.34 Rekapitulasi BTT With Project

Jenis Kendaraan	Komponen BOK Tidak Tetap (Rp/km)					BOK Tidak Tetap (Rp/km)
	BBM	Oli	Suku Cadang	Upah	Ban	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	$g = a + b + c + d + e$
Sedan	612	150	299,552	882,7697	38,444	1982,7657
Utiliti	726,75	150	177,780	882,7697	67,248	2004,5477
Bus Kecil	1577,8	210	412,610	2752,7369	467,457	5420,6039
Bus Besar	2577,4	420	236,252	1894,9044	201,746	5330,3024
Truk Ringan	2244,2	210	140,717	1717,1023	467,457	4799,4763
Truk Sedang	2508,8	420	683,441	2523,9887	315,971	6452,2007
Truk Berat	5341	840	233,161	1645,3529	835,494	8895,0079

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

5.4.3 Biaya Penghematan BOK

Berdasarkan perhitungan antara BOK *without project* dan BOK *with project* maka akan diperoleh penghematan BOK seperti yang akan ditampilkan dalam **Tabel 5.35** berikut ini.

Tabel 5.35 Perbandingan BOK *Without Project* dan *With Project* Per km

Jenis Kendaraan	BOK Tidak Tetap Without Project (Rp/km)	BOK Tidak Tetap With Project (Rp/km)	Penghematan BOK (Rp/km)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d= b-c</i>
Sedan	3807,4448	1982,7657	1824,6791
Utiliti	3647,7561	2004,5477	1643,2084
Bus Kecil	9888,4775	5420,6039	4467,8736
Bus Besar	9901,2064	5330,3024	4570,904
Truk Ringan	7458,7676	4799,4763	2659,2913
Truk Sedang	9824,0848	6452,2007	3371,8841
Truk Berat	16789,5265	8895,0079	7894,5186

(Sumber: Hasil analisis, 2019)

Berdasarkan **Tabel 5.35** tersebut maka dipastikan bahwa dengan pembangunan perkerasan baru akan menghemat biaya operasi kendaraan. Selanjutnya nilai penghematan BOK tersebut akan di input ke dalam data lalu lintas yang terjadi yang diasumsikan dan telah digunakan dalam perhitungan menentukan tebal perkerasan aspal pada analisis tebal perkerasan diatas. Selanjutnya maka dapat diperoleh total nilai penghematan Biaya Operasional Kendaraan tidak tetap pada **Tabel 5.36** berikut:

Tabel 5.36 Total Penghematan BOK Tidak Tetap Selama Umur Rencana

n	Tahun	LHRT Golongan Kendaraan (kend/tahun)				Penghematan BOK (RP/kendaraan)				Penghematan BOK (RP)				Total Penghematan	(P/F, 5%, n)
		Sedan (mobil penumpang)	Utiliti	Truk Ringan	Truck Berat	Sedan (mobil penumpang)	Utiliti	Truk Ringan	Truck Berat	Sedan (mobil penumpang)	Utiliti	Truk Ringan	Truck Berat		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	$j = b \times f$	$k = c \times g$	$l = d \times h$		
0	2018	13140	26280	65700	84680	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp23.980.500	Rp43.204.320	Rp174.762.000	Rp668.548.600	Rp910.495.420	Rp910.495.420
1	2019	13797	27594	68985	88914	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp25.179.525	Rp45.364.536	Rp183.500.100	Rp701.976.030	Rp956.020.191	Rp864.970.649
2	2020	14486,85	28973,7	72434,25	93359,7	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp26.438.501	Rp47.632.763	Rp192.675.105	Rp737.074.832	Rp1.003.821.201	Rp821.722.117
3	2021	15211,1925	30422,385	76055,9625	98027,685	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp27.760.426	Rp50.014.401	Rp202.308.860	Rp773.928.573	Rp1.054.012.261	Rp780.636.011
4	2022	15971,75213	31943,50425	79858,76063	102929,0693	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp29.148.448	Rp52.515.121	Rp212.424.303	Rp812.625.002	Rp1.106.712.874	Rp741.604.210
5	2023	16770,33973	33540,67946	83851,69866	108075,5227	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp30.605.870	Rp55.140.877	Rp223.045.518	Rp853.256.252	Rp1.162.048.517	Rp704.524.000
6	2024	17608,85672	35217,71344	88044,28359	113479,2988	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp32.136.164	Rp57.897.921	Rp234.197.794	Rp895.919.064	Rp1.220.150.943	Rp669.297.800
7	2025	18489,29955	36978,59911	92446,49777	119153,2638	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp33.742.972	Rp60.792.817	Rp245.907.684	Rp940.715.018	Rp1.281.158.490	Rp635.832.910
8	2026	19413,76453	38827,52906	97068,82266	125110,927	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp35.430.120	Rp63.832.458	Rp258.203.068	Rp987.750.769	Rp1.345.216.415	Rp604.041.264
9	2027	20384,45276	40768,90552	101922,2638	131366,4733	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp37.201.626	Rp67.024.081	Rp271.113.222	Rp1.037.138.307	Rp1.412.477.236	Rp573.839.201
10	2028	21403,6754	42807,35079	107018,377	137934,797	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp39.061.708	Rp70.375.285	Rp284.668.883	Rp1.088.995.222	Rp1.483.101.097	Rp545.147.241

Tabel 5.36 Total Penghematan BOK Tidak Tetap Selama Umur Rencana

n	Tahun	LHRT Golongan Kendaraan (kend/tahun)				Penghematan BOK (RP/kendaraan)				Penghematan BOK (RP)				Total Penghematan	(P/F, 5%, n)
		Sedan (mobil penumpang)	Utiliti	Truk Ringan	Truck Berat	Sedan (mobil penumpang)	Utiliti	Truk Ringan	Truck Berat	Sedan (mobil penumpang)	Utiliti	Truk Ringan	Truck Berat		
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	$j = b \times f$	$k = c \times g$	$l = d \times h$		
11	2029	22473,85917	44947,71833	112369,2958	144831,5368	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp41.014.793	Rp73.894.049	Rp298.902.327	Rp1.143.444.983	Rp1.557.256.152	Rp517.889.879
12	2030	23597,55212	47195,10425	117987,7606	152073,1137	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp43.065.533	Rp77.588.751	Rp313.847.443	Rp1.200.617.233	Rp1.635.118.960	Rp491.995.385
13	2031	24777,42973	49554,85946	123887,1487	159676,7694	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp45.218.809	Rp81.468.189	Rp329.539.815	Rp1.260.648.094	Rp1.716.874.908	Rp467.395.616
14	2032	26016,30122	52032,60243	130081,5061	167660,6078	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp47.479.750	Rp85.541.598	Rp346.016.806	Rp1.323.680.499	Rp1.802.718.653	Rp444.025.835
15	2033	27317,11628	54634,23255	136585,5814	176043,6382	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp49.853.737	Rp89.818.678	Rp363.317.646	Rp1.389.864.524	Rp1.892.854.586	Rp421.824.543
16	2034	28682,97209	57365,94418	143414,8605	184845,8201	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp52.346.424	Rp94.309.612	Rp381.483.529	Rp1.459.357.750	Rp1.987.497.315	Rp400.733.316
17	2035	30117,1207	60234,24139	150585,6035	194088,1112	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp54.963.745	Rp99.025.093	Rp400.557.705	Rp1.532.325.638	Rp2.086.872.181	Rp380.696.650
18	2036	31622,97673	63245,95346	158114,8837	203792,5167	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp57.711.933	Rp103.976.347	Rp420.585.591	Rp1.608.941.919	Rp2.191.215.790	Rp361.661.818
19	2037	33204,12557	66408,25113	166020,6278	213982,1425	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp60.597.529	Rp109.175.165	Rp441.614.870	Rp1.689.389.015	Rp2.300.776.579	Rp343.578.727
20	2038	34864,33185	69728,66369	174321,6592	84680	Rp1.825	Rp1.644	Rp2.660	Rp7.895	Rp63.627.406	Rp114.633.923	Rp463.695.614	Rp668.548.600	Rp1.310.505.542	Rp326.399.790
														Total Penghematan	Rp12.008.312.381

(Sumber : Hasil Analisis, 2019)

Berdasarkan **Tabel 5.36** tersebut maka total penghematan BOK tidak tetap jika dibangun perkerasan jalan baru adalah sebesar Rp12.008.312.381,00 Selanjutnya dicari nilai rasio B/C dari perkerasan jalan baru yang akan dijelaskan dalam subbab berikut.

5.5 ANALISIS MANFAAT-BIAYA

Setelah dilakukan perhitungan data-data pada langkah sebelumnya maka langkah terakhir dari analisa data ini adalah menentukan nilai *benefit cost ratio* (BCR), dengan reka[itulasi hasil sebagai berikut:

- Biaya nilai sekarang (*Cost present worth*) sebesar Rp5.057.844.104,00
- Manfaat nilai sekarang (*Benefit present worth*) sebesar Rp12.008.312.381,00
- Nilai sekarang pemeliharaan operasional (*operational maintenance present worth*) sebesar Rp 880.864.381,00

Maka BCR=

$$= \frac{12.008.312.381 - (880.864.381)}{Rp5.057.844.104,00}$$

$$= \frac{11.127.448.000}{Rp5.057.844.104,00}$$

$$= 2,20$$

Nilai BCR > 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa pelaksanaan proyek pembangunan jalan desa Dusun Balong-PlosoKerep dikatakan layak.

5.6 PEMBAHASAN

Pembahasan meliputi perencanaan tebal perkerasan lentur, biaya konstruksi (*initial cost*) dan biaya siklus hidup (*life-cycle cost*), perhitungan manfaat yang dalam hal ini adalah penghematan biaya operasi kendaraan tidak tetap (*running cost*) dan analisa manfaat biaya.

Penelitian ini melanjutkan penelitian sebelumnya yakni milik Andi Mufli Marzuq Muthaher yang berjudul “Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya Pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan” dengan nilai rasio B/C-R sebesar 0,644. Artinya ruas jalan dengan perkerasan kaku tersebut tidak memenuhi indicator kelayakan nilai B/C-R.

5.6.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur

Berdasarkan data lalu lintas yang diasumsikan sama seperti ruas Suruh-Singlar serta perencanaan tebal perkerasan kaku dengan mengacu pada Pt T-01-2002-B 2017 maka diperoleh tebal perkerasan AC-WC 3 cm, AC-BASE 3,5 cm dan Lapisan pondasi agregat kelas A 25 cm.

5.6.2 Biaya Langsung dan Siklus Hidup Perkerasan

Berdasarkan pada pedoman AHSP Bidang Bina Marga maka analisa harga satuan pekerjaan diterjemahkan kedalam spesifikasi umum yang terdiri dari beberapa divisi-divisi umum pekerjaan. Perhitungan AHSP harus didahului dengan perhitungan HSD tenaga kerja, alat serta bahan. Namun, dalam penelitian ini analisa HSD tidak dilakukan. HSD tenaga kerja, alat serta bahan sendiri diasumsikan sama seperti yang ada pada dokumen D.E.D peningkatan ruas jalan Suruh-Singlar. Maka ketika HSD sudah ditentukan maka HSP dapat diperoleh.

Sementara itu biaya siklus hidup suatu perkerasan jalan bergantung pada strategi perawatan dan rehabilitasi dari perkerasan tersebut. Penelitian ini menggunakan strategi desain perawatan dan rehabilitasi. Strategi desain perawatan dan rehabilitasi ditampilkan dalam **Tabel 5.10** sedangkan asumsi strategi perawatan dilakukan mengacu pada **Tabel 5.11**.

Berdasarkan **Tabel 5.12** diperoleh biaya perawatan yang meningkat dari tahun 5 sampai tahun 20, Peningkatan besar di tahun 20 ini disebabkan perbedaan volume pekerjaan perawatan dengan tahun-tahun sebelumnya, sementara itu harga satuan pekerjaan perawatan terus meningkat.

Berdasarkan itu biaya siklus hidup diperoleh sebesar Rp 880.864.381,7 dimana biaya siklus hidup tersebut adalah total biaya perawatan selama umur rencana sedangkan Rp5.057.844.104,00 adalah biaya konstruksi awal. Selanjutnya diperoleh biaya siklus hidup perkerasan sebesar Rp5.057.844.104,00 Total biaya sekarang perkerasan selama umur rencana. Dari hal itu dapat disimpulkan bahwa biaya konstruksi memiliki hasil yang besar dalam perhitungan biaya siklus hidup perkerasan jalan lentur.

5.6.3 Manfaat Penghematan Biaya Operasi Kendaraan Tidak Tetap

Berdasarkan analisis BOK tidak tetap sebelumnya nilai BOK tidak tetap *without project* lebih besar dibandingkan BOK tidak tetap *with project*. Adanya perbedaan tersebut menunjukkan bahwa biaya operasi kendaraan akan lebih murah jika ruas jalan Balong-Plosokerep tersebut diperbaiki. Selain itu selisih antara BOK tidak tetap *without project* dan *with project* tersebut juga merupakan manfaat yang akan dikenakan kepada pengendara.

Tabel 5.35 menampilkan peningkatan pertumbuhan kendaraan yang akan berpengaruh pada nilai penghematan BOK tidak tetap. Artinya jika volume lalu lintas tahunan pada ruas jalan tersebut meningkat maka penghematan biaya dalam bentuk nilai masa depan (*future value*) akan meningkat juga. Jika tidak ada perubahan pada volume lalu lintas maka bisa dipastikan *future value* dari penghematan biaya operasi kendaraan tidak berubah. Hal ini dikarenakan besaran penghematan BOK tidak tetap yang digunakan diasumsikan sama selama umur rencana.

Berbeda dengan nilai masa depan penghematan BOK tidak tetap yang semakin tahun meningkat, maka nilai sekarang atau present value dari penghematan biaya pada tahun ke-n akan menurun selama umur rencana. Hal ini serupa seperti penjabaran pada analisa biaya siklus hidup dimana faktor sebagai nilai masa depan pada tahun ke-n akan mengecil dari awal sampai akhir umur rencana.

Dari **Tabel 5.36** pun diperoleh total penghematan BOK tidak tetap yakni dari total present value biaya penghematan BOK tidak tetap pada tahun ke-0 sampai tahun ke-20 sebesar Rp12.008.312.381,00 Total *present value* biaya penghematan ini dibandingkan dengan total *present value* biaya siklus hidup jalan dalam persamaan rasio B/C-R.

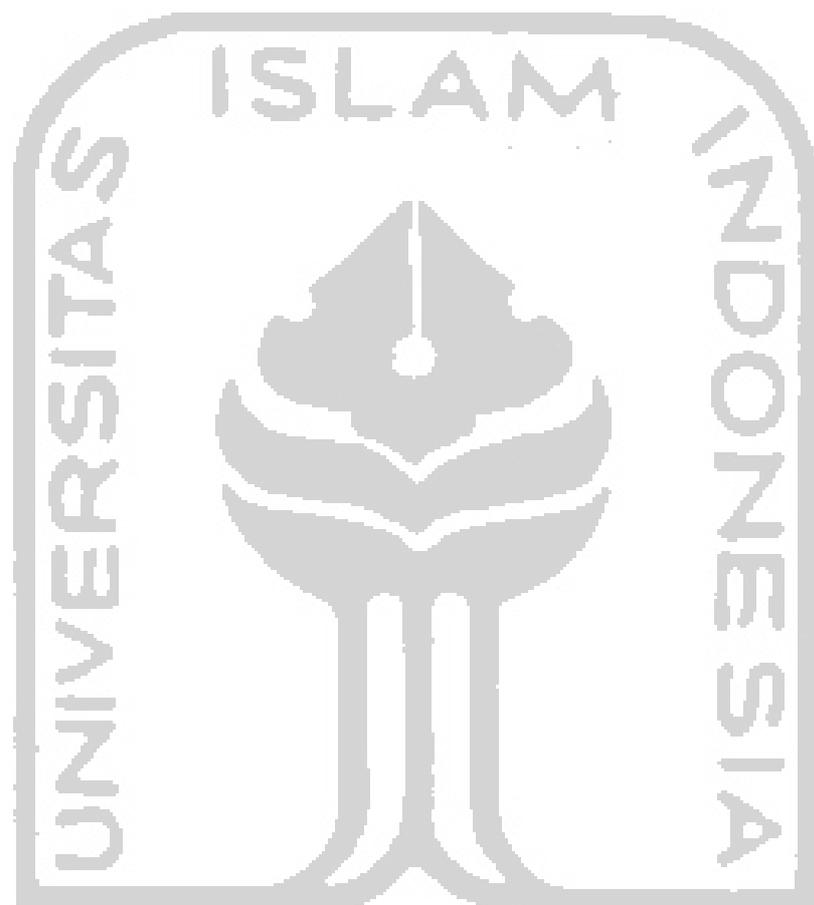
5.6.4 Kelayakan Ekonomi Berdasarkan Rasio B/C-R

Berdasarkan analisis manfaat-biaya yang sudah dilakukan, jika dibangun perkerasan lentur dengan desain perkerasan yang diteliti, maka diperoleh rasio B/C-R sebesar 2,20. Nilai ini menunjukkan bahwa perkerasan jalan yang akan dibangun sudah memenuhi kelayakan ekonomi dari segi analisis B/C-R. Indikator kelayakan

ekonomi dengan metode B/C mengharuskan nilai rasio B/C-R yang diperoleh lebih dari 1. Artinya total manfaat yang akan diterima oleh masyarakat harus lebih besar dibandingkan biaya yang harus dikeluarkan oleh pemerintah dalam membangun jalan tersebut.

Namun perlu diingat disini bahwa manfaat yang terhitung diatas hanyalah manfaat yang terwujud dalam bentuk penghematan biaya operasi kendaraan. Pada kenyataannya manfaat yang akan timbul yang dapat dihitung, jika mengacu pada Pedoman studi kelayakan proyek jalan dan jembatan Pd T-19-2005-B adalah penghematan nilai waktu perjalanan, penghematan biaya kecelakaan dan penghematan dalam pemeliharaan jalan. Dari segi ekonomi manfaat yang bisa timbul adalah pengembangan ekonomi dalam bentuk peningkatan harga jual tanah dan munculnya sektor usaha baru. Belum lagi terkait manfaat tak nyata (*intangible benefits*) dalam proses kelancaran evakuasi jika terjadi bencana gunung api Gunung Merapi. Apabila manfaat-manfaat ini disertakan dalam analisis maka rasio B/C-R sebelumnya akan meningkat. Hal itu kemudian dapat menunjukkan bahwa rencana proyek tersebut diduga layak untuk dilaksanakan.

Disatu sisi yang lain, jika manfaat-manfaat ekonomi tersebut telah disertakan namun tetap menghasilkan rasio B/C-R dibawah indikator kelayakan, pembangunan infrastruktur jalan untuk publik tersebut bukan berarti tidak dilaksanakan. Pembangunan perlu dilaksanakan dengan mempertimbangkan aspek yang lebih krusial yakni keselamatan nyawa warga setempat ketika terjadi bencana gunung api Gunung Merapi. Artinya, aspek-aspek manfaat yang tak terukur (*intangible benefit*) tersebut mestinya menjadi perhatian dalam pengambilan keputusan pembangunan.



جامعة الإسلام في إندونيسيا

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian Penerapan Metode Analisa Manfaat-Biaya Pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Proyek Infrastruktur (Studi Kasus Ruas Jalur Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Sleman, Yogyakarta) adalah sebagai berikut:

1. Tebal perkerasan jalan lentur pada ruas jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Sleman, Yogyakarta berdasarkan Pt T-01-2002-B 2017 maka diperoleh tebal perkerasan AC-WC 3 cm, AC-BASE 3,5 cm dan Lapisan pondasi agregat kelas A 25 cm.
2. Berdasarkan perhitungan dengan mengacu pada pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Bina Marga biaya konstruksi (*initial cost*) perkerasan lentur yang diperoleh adalah sebesar Rp4.176.979.722,00. Sedangkan biaya siklus hidup selama umur rencana 20 tahun, dengan strategi perawatan overlay perkerasan berkala setiap 5 tahun, diperoleh sebesar Rp5.057.844.104,00
3. Manfaat pembangunan kembali ruas jalan tersebut dihitung dari segi penghematan biaya operasi kendaraan yaitu dengan membandingkan biaya operasi kendaraan *without project* dan *with project*. Berdasarkan itu diperoleh total penghematan biaya operasi kendaraan selama umur rencana 20 tahun sebesar Rp12.008.312.381,00

6.2 SARAN

Dari hasil penelitian dan kesimpulan-kesimpulan yang didapat, saran yang dapat disampaikan adalah:

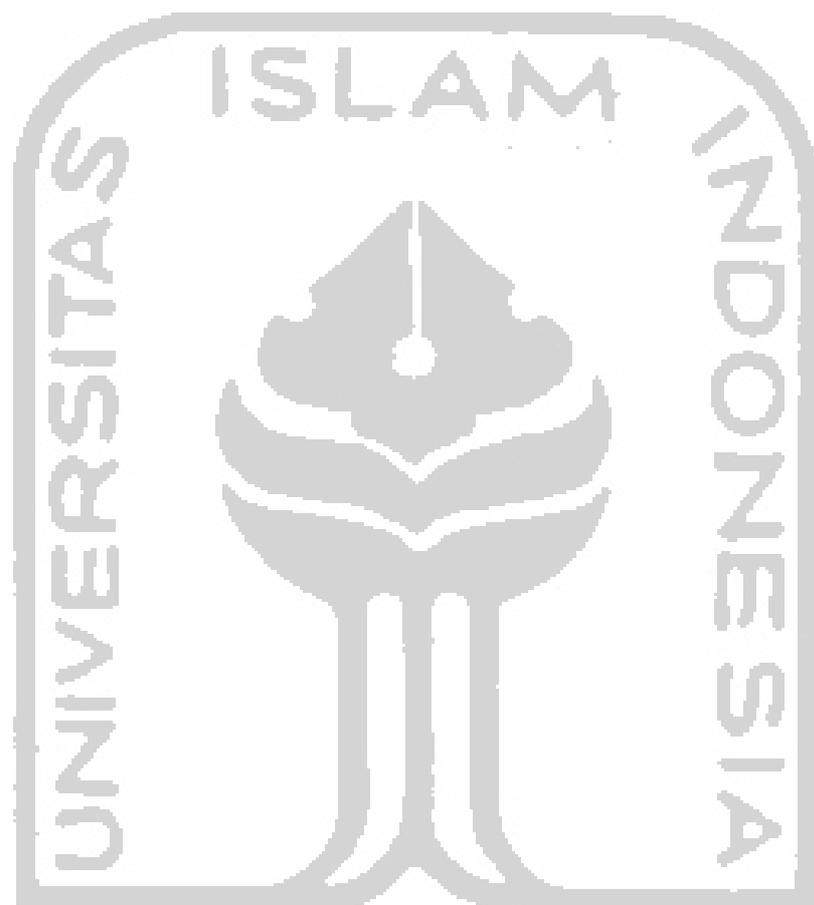
1. Perkerasan Lentur dapat menjadi salah satu alternatif untuk diaplikasikan pada jalur evakuasi dilihat dari sisi penghematan biaya.
2. Dalam analisis ini, data volume lalu lintas hanya menggunakan data sekunder, sehingga untuk hasil prediksi yang lebih handal perlu dilakukan analisis dengan data volume lalu lintas selama 1 (satu) tahun penuh atau menggunakan faktor penyesuaian bulan.



DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. 2010. *Metode Konstruksi Proyek Jalan*. Jakarta: UI Press.
- Azwar, S. 1998. *Metode Penelitian* (1st ed.). Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Balai Pustaka. 2016. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan: 1. Biaya Tidak Tetap (Running Cost)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum
- Djojowiriono, S. 2005. *Manajemen Konstruksi*. KMTS FT UGM. Yogyakarta
- Badan Pusat Statistik Provinsi D.I Y 2017. *Daerah Istimewa Yogyakarta Dalam Angka 2017*. Yogyakarta: Sinar Baru Offset
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. *Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2011. *Pedoman Konstruksi Bangunan Desain Perkerasan Jalan Lentur*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Hardiyatmo, H. C. 2007. *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardwiyono, S. 2013. *Metode Pelaksanaan Perkerasan Jalan*. Retrieved May 14, 2017, from <http://thesis.umy.ac.id/datapubliknonthesis/EBUMY2275.pdf>
- Haryanto, I., & Utomo, H. B. (2012). *Bahan Ajar Perkerasan Jalan*. Retrieved May 14, 2017, from https://www.academia.edu/23757103/BUKU_AJAR_MATA_KULIAH_PERKERASAN_JALAN_RAYA
- Husen, A. 2009. *Manajemen Proyek*. Andi. Yogyakarta
- Hasibuan, A. S.P. 2009. *Evaluasi Kinerja Lalu Lintas dan Kondisi Pekerjaan pada Jalur Evakuasi Merapi*.

- Kodoatie, R. J. 1995. *Analisis Ekonomi Teknik*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Kuiper, E. 1971. *Water resources project economics*. London: Butterworths.
- Menteri Pekerjaan Umum. (2016). *Permen PU-PR tentang Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta: Kementrian PU-PR
- Menteri Pekerjaan Umum. 2011. *Permen PU tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan*. Jakarta: Kementrian PU
- Muthaer, A. M. M. 2012. Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya Pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Insfrastruktur Jalan.
- Pennsylvania Department of Transportation. 2015. *Publication242*. Pennsylvania.
- Sagita, G. D. 2011. Analisa Manfaat Biaya Pembangunan Jalan Arteri Raya Siring-Porong. *Jurnal Tugas Akhir*. Retrieved March 30, 2017, from <http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100011043555/16634>
- Safarli. 2003. Analisa Perbandingan Biaya Pembuatan Jalan Baru Antara Perkerasan Kaku dan Lentur
- Wulandari, Y. A., & Kartika, A. G. 2012. Studi Kelayakan Jalan Arteri Lingkar Luar Barat Surabaya [Abstract]. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1). Retrieved May 14, 2017, from <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-27664-3110105001-Paper.pdf>



جامعة الإسلام في إندونيسيا

Lampiran 2. Data Harga Satuan Bahan Tahun 2018/2019

No	Uraian	Kode	Satuan	Harga Satuan Tahun 2016 (Rp.)	Harga Satuan Tahun 2018 (Rp.)
1	Pasir Pasang (Sedang)	M01b	M3	Rp200.000	Rp224.720
2	Pasir Beton (Kasar)	M01a	M3	Rp210.000	Rp235.956
3	Pasir Halus (Untuk HRS)	M01c	M3	Rp133.100	Rp149.551
4	Pasir Urug (ada unsur lempung)	M01d	M3	Rp103.500	Rp116.293
5	Batu Kali	M02	M3	Rp150.000	Rp168.540
6	Agregat Pecah Kasar		M3	Rp125.067	Rp140.525
7	Aggregat Halus LP A		M3	Rp124.708	Rp198.215
8	Agregat Lolos #1		M3	Rp133.755	Rp150.288
9	Lapis Perekat Asfalt Cair		Ltr	Rp10.800	Rp13.245
10	Laston lapis Aus Perata		Ltr	Rp1.196.690	Rp1.337.197,3
10	Lolos screen1 ukuran (0-5)		M3	Rp110.708	Rp124.391
11	Lolos screen2 ukuran (0-5)		M3	Rp151.133	Rp169.813
12	Lolos screen3 ukuran (5-9,5)		M3	Rp133.755	Rp150.288
12	Lolos screen4 ukuran (9,5-19,0)		M3	Rp119.853	Rp134.667
13	Filler (semen)	M05	KG	Rp1.100	Rp1.236
14	Batu Belah /Kerakal	M06	M3	Rp281.700	Rp316.518
15	Gravel	M07	M3	Rp350.100	Rp393.372
16	Bahan Tanah Timbunan	M08	M3	Rp75.000	Rp84.270
17	Bahan Pilihan	M09	M3	Rp94.091	Rp105.721
18	Aspal	M10	Ton	Rp8.500.000	Rp10.000.000
19	Kerosen/ Minyak Tanah	M11	LITER	Rp8.400	Rp9.438
20	Semen/ PC (50 Kg)	M12	Zak	Rp50.000	Rp56.180
21	Semen/ PC (Kg)	M12	Kg	Rp1.100	Rp1.236
22	Besi Beton	M13	Kg	Rp13.800	Rp15.506
23	Kawat Beton	M14	Kg	Rp18.818	Rp21.144
24	Kawat Bronjong	M15	Kg	Rp23.000	Rp25.843
25	Sirtu	M16	M3	Rp99.000	Rp111.236
26	Cat Marka (Non termoplas)	M17a	Kg	Rp71.000	Rp79.776
27	Cat Marka (termoplas)	M17b	Kg	Rp50.000	Rp56.180
28	Paku	M18	Kg	Rp17.245	Rp19.377
29	Kayu Perancah	M19	M3	Rp1.250.000	Rp1.404.500
30	Bensin	M20	LITER	Rp10.300	Rp11.573
31	Solar	M21	LITER	Rp11.950	Rp13.427
32	Minyak Pelumas /Oli	M22	LITER	Rp23.000	Rp25.843

Lanjutan Lampiran 2. Data Harga Satuan Bahan Tahun 2018/2019

33	Plastik Filter	M23	M2	Rp15.000	Rp16.854
34	Pipa Galvanis Dia 1,6"	M24	Batang	Rp246.982	Rp277.509
36	Agr. Base Kelas A	M26	M3	Rp146.142	Rp164.205
37	Agr. Base Kelas B	M27	M3	Rp141.581	Rp159.080
38	Agr. Base Kelas C	M28	M3	Rp152.801	Rp171.688
39	Agr. Base Kelas C2	M29	M3	Rp0	Rp0
40	Geotextile	M30	M2	Rp27.500	Rp30.899
41	Aspal Emulsi	M31	Kg	Rp9.400	Rp10.562
42	Pohon	M32	bh	Rp50.000	Rp56.180
43	Thinner	M33	LITER	Rp16.463	Rp18.498
44	Glass Bead	M34	Kg	Rp28.600	Rp32.135
45	Pelat Rambu (Eng. Grade)	M35a	bh	Rp180.000	Rp202.248
46	Pelat Rambu (High I Grade)	M35b	bh	Rp216.500	Rp243.259
47	Rel Pengaman	M36	M'	Rp412.500	Rp463.485
48	Beton K-250	M37	M3	Rp1.021.399	Rp1.147.643
49	Baja Tulangan (Polos) U24	M39a	Kg	Rp9.317	Rp10.468
50	Baja Tulangan (Ulir) U24	M39b	Kg	Rp9.794	Rp11.004
51	Kapur	M40	M3	Rp40.000	Rp44.944
52	Chipping	M41	M3	Rp180.545	Rp202.861
53	Chipping (kg)	M41kg	Kg	Rp96	Rp108
54	Cat	M42	Kg	Rp22.473	Rp25.250
55	Pemantul Cahaya	M43	bh	Rp74.091	Rp83.249
56	Pasir Urug	M44	M3	Rp103.500	Rp116.293
57	Arbocell	M45	Kg	Rp32.000	Rp35.955
58	Baja Bergelombang	M46	Kg	Rp12.500	Rp14.045
59	Beton K-125	M47	M3	Rp771.548	Rp866.911
60	Baja Struktur	M48	Kg	Rp11.000	Rp12.360
61	Tiang Pancang Baja	M49	M'	Rp25.247	Rp28.368
62	Tiang Pancang Beton Pratekan	M50	M3	Rp423.958	Rp476.359
63	Kawat Las	M51	Dos	Rp16.000	Rp17.978
64	Pipa Baja	M52	Kg	Rp15.000	Rp16.854
65	Minyak Fluks	M53	LITER	Rp6.237	Rp7.008
66	Bunker Oil	M54	LITER	Rp3.000	Rp3.371
67	Ashbuton Halus	M55	Ton	Rp325.000	Rp365.170
68	Baja Prategang	M56	Kg	Rp8.000	Rp8.989
69	Baja Tulangan (polos) U32	M57a	Kg	Rp9.650	Rp10.842
70	Baja Tulangan (Ulir) D39	M39c	Kg	Rp9.794	Rp11.004
71	Baja Tulangan (Ulir) D48	M39d	Kg	Rp9.794	Rp11.004

Lanjutan Lampiran 2. Data Harga Satuan Bahan Tahun 2018/2019

72	PCI Girder L=17m	M58a	bh	Rp86.000	Rp96.630
73	PCI Girder L=21m	M58b	bh	Rp97.000	Rp108.989
74	PCI Girder L=26m	M58c	bh	Rp124.000	Rp139.326
75	PCI Girder L=32m	M58d	bh	Rp157.000	Rp176.405
76	PCI Girder L=36m	M58e	bh	Rp168.000	Rp188.765
77	PCI Girder L=41m	M58f	bh	Rp192.000	Rp215.731
78	Beton K-300	M59	M3	Rp1.448.525	Rp1.627.562
79	Beton K-175	M60	M3	Rp811.549	Rp911.857
80	Cerucuk	M61	M	Rp15.000	Rp16.854
81	Elastomer	M62	bh	Rp900.000	Rp1.011.240
82	Bahan Pengawet	M63	LITER	Rp5.000	Rp5.618
83	Mata Kucing	M64	bh	Rp75.000	Rp84.270
84	Anchorage	M65	bh	Rp480.000	Rp539.328
85	Anti Stripping Agent	M66	Kg	Rp32.927	Rp36.997
86	Bahan Modifikasi	M67	Kg	Rp1.000	Rp1.124
87	Beton K-500	M68	M3	Rp1.902.340	Rp2.137.469
88	Beton K-400	M69	M3	Rp1.787.838	Rp2.008.815
89	Ducting (Kabel Prestress)	M70	M'	Rp150.000	Rp168.540
90	Ducting (Strand Prestress)	M71	M'	Rp50.000	Rp56.180
91	Beton K-350	M72	M3	Rp1.734.464	Rp1.948.844
92	Multipleks 12 mm	M73	Lbr	Rp172.500	Rp193.821
93	Elastomer jenis 1	M74a	bh	Rp900.000	Rp1.011.240
94	Elastomer jenis 2	M74b	bh	Rp1.000.000	Rp1.123.600
95	Elastomer jenis 3	M74c	bh	Rp1.100.000	Rp1.235.960
96	Expansion Join Tipe Asphaltic Plug	M75d	M	Rp1.000.000	Rp1.123.600
97	Expansion Join Tipe Rubber	M75e	M	Rp1.200.000	Rp1.348.320
98	Expansion Join Baja Siku	M75f	M	Rp275.000	Rp308.990
99	Marmer	M76	bh	Rp400.000	Rp449.440
100	Kerb Type A	M77	bh	Rp45.000	Rp50.562
101	Paving Block	M78	bh	Rp3.291	Rp3.698
102	Mini Timber Pile	M79	bh	Rp27.000	Rp30.337
103	Expansion Join Tipe Torma	M80	M1	Rp1.200.000	Rp1.348.320
104	Strip Bearing	M81	bh	Rp229.500	Rp257.866
105	Joint Socket Pile 35 x 35	M82	set	Rp607.500	Rp682.587
106	Joint Socket Pile 16 x 16 x 16	M83	set	Rp67.500	Rp75.843
107	Mikro Pile 16 x 16 x 16	M84	M1	Rp60.750	Rp68.259

Lanjutan Lampiran 2. Data Harga Satuan Bahan Tahun 2018/2019

108	Matras Concrete	M85	bh	Rp405.000	Rp455.058
109	Assetilline	M86	Botol	Rp229.500	Rp257.866
110	Oxygen	M87	Botol	Rp114.750	Rp128.933
111	Batu Bara	M88	Kg	Rp600	Rp674
112	Pipa Galvanis Dia 3"	M24a	M	Rp91.456	Rp102.760
113	Pipa Galvanis Dia 1,5"	M24b	M	Rp41.164	Rp46.251
114	Agregat Pecah Mesin 0-5mm	M91	M3	Rp180.545	Rp202.861
115	Agregat Pecah Mesin 5-10mm & 10-20mm	M92	M3	Rp175.373	Rp197.049
116	Agregat Pecah Mesin 20-30mm	M93	M3	Rp201.245	Rp226.119
117	Additive	M67a	Ltr	Rp38.500	Rp43.259
118	Aditif Anti Pengelupasan		Kg	Rp60.000	Rp67.416
119	Bahan Pengisi (Filler) Tambahan		Kg	Rp1.100	Rp1.236
120	Asbuton yang diproses		Kg	Rp30.000	Rp33.708
121	Aspal Modifikasi		M3	Rp8.000	Rp8.989
122	Air		M2	Rp2.300	Rp2.584
123	Tegel 30 x 30 motif			Rp85.000	Rp95.506
124	Agregat Kelas S		M3	Rp92.753	Rp104.217
125	Joint Sealant		KG	Rp34.100	Rp38.315
126	Cat Anti Karat		KG	Rp35.750	Rp40.169
127	Expansion Cap		M2	Rp6.050	Rp6.798
128	Polytene 125 mikron		Kg	Rp19.250	Rp21.629
129	Curing Compund		Ltr	Rp38.500	Rp43.259
130	Kayu Acuan		M3	Rp1.250.000	Rp1.404.500
131	Batu Belah		M3	Rp150.000	Rp168.540
132	Tanah Humus tebal 20cm		M3	Rp5.000	Rp5.618
133	pupuk		KG	Rp5.000	Rp5.618
134	cat dan bahan lain		LS	Rp5.000	Rp5.618
135	Rambu Portabel Informasi pengalihan lalu lintas		Buah	Rp95.000	Rp106.742
136	Rambu penghalang lalu lintas jenis plastik		Buah	Rp75.000	Rp84.270
137	Rambu Peringatan		Buah	Rp140.000	Rp157.304
138	Papan Nama Proyek		Ls	Rp250.000	Rp280.900

(Sumber: Pekerjaan Umum, Dokumen Estimasi Biaya Kontruksi 2018/2019 Yogyakarta)

Lampiran 3. Data Harga Satuan Alat Tahun 2018/2019

No	Uraian	Kode	Satuan	Harga Satuan Tahun 2016 (Rp.)	Harga Satuan Tahun 2018 (Rp.)
1	Excavator	E08	jam	Rp579.050,67	Rp650.621,33
2	Dump Truck	E09	jam	Rp217.756,71	Rp217.756,71
3	Concrete Mixer	E20	jam	Rp71.933,52	Rp80.824,50
4	Water Tank	E23	jam	Rp362.066,38	Rp362.066,38
5	p.tyre roller	E18	jam	Rp256.889,90	Rp296.003,25
6	Wheel Loader	E15	jam	Rp276918,15	Rp276918,15
7	Motor Grader	E13	jam	Rp376.451,71	Rp376.451,71
8	Tandem Roller	E17	jam	Rp209.081,03	Rp209.081,03
9	Vibro Roller	E19	jam	Rp205.441,03	Rp230.833,54
10	Chainsaw		jam	Rp14.285,71	Rp16.051,42
11	Truck Mixer	E49	jam	Rp573.066,58	Rp643.897,61
12	Concrete Paver	E42	jam	Rp328.638,61	Rp369.258,34
13	Batching Plant	E43	jam	Rp346.546,46	Rp389.379,60
14	Compressor	E05	jam	Rp201.915,63	Rp226.872,40
15	Alat Bantu		LS	Rp1.000,00	Rp1.123,60
16	AMP	E01	jam	Rp 4.899.000	Rp5.439.781,2
17	Screed Paver		jam	Rp 26.207,76	Rp29.447,04
18	Genset	E12	jam	Rp 65.000	Rp 75.000

(Sumber: Pekerjaan Umum, Dokumen Estimasi Biaya Kontruksi 2018/2019 Yogyakarta)

Lampiran 4. Data Nilai Tegangan Ekivalen dan Faktor Erosi

Tebal Slab (mm)	CBR Eff Tanah Dasar (%)	Tegangan Setara				Faktor Erosi							
		STRT	STRG	STdRG	STrRG	Tanpa Ruji				Dengan Ruji/Beeton Bertulang			
						STRT	STRG	STdRG	STrRG	STRT	STRG	STdRG	STrRG
150	5	1,7	2,72	2,25	1,68	2,8	3,4	3,50	3,55	2,6	3,21	3,3	3,37
150	10	1,62	2,56	2,09	1,58	2,79	3,39	3,46	3,5	2,59	3,2	3,28	3,32
150	15	1,59	2,48	2,01	1,53	2,78	3,38	3,44	3,47	2,59	3,2	3,27	3,3
150	20	1,56	2,43	1,97	1,51	2,77	3,37	3,43	3,46	2,59	3,19	3,26	3,29
150	25	1,54	2,37	1,92	1,48	2,77	3,37	3,42	3,44	2,59	3,19	3,25	3,28
150	35	1,49	2,28	1,82	1,43	2,76	3,36	3,39	3,4	2,58	3,18	3,23	3,25
150	50	1,43	2,15	1,73	1,4	2,74	3,34	3,36	3,37	2,57	3,17	3,21	3,22
150	75	1,38	2,02	1,64	1,36	2,72	3,32	3,33	3,32	2,56	3,16	3,19	3,19
160	5	1,54	2,49	2,06	1,55	2,72	3,32	3,43	3,47	2,52	3,12	3,22	3,3
160	10	1,47	2,34	1,92	1,44	2,71	3,31	3,39	3,43	2,51	3,11	3,2	3,26
160	15	1,44	2,26	1,84	1,39	2,7	3,3	3,37	3,41	2,51	3,11	3,19	3,24
160	20	1,41	2,22	1,8	1,37	2,69	3,29	3,36	3,4	2,5	3,1	3,18	3,23
160	25	1,39	2,17	1,76	1,34	2,69	3,29	3,35	3,38	2,5	3,1	3,17	3,21
160	35	1,34	2,07	1,87	1,29	2,68	3,28	3,32	3,34	2,49	3,09	3,15	3,18
160	50	1,3	1,96	1,58	1,25	2,66	3,26	3,28	3,3	2,49	3,09	3,13	3,15
160	75	1,24	1,85	1,49	1,23	2,64	3,24	3,26	3,25	2,48	3,08	3,12	3,12
170	5	1,41	2,27	1,93	1,44	2,64	3,24	3,37	3,43	2,44	3,04	3,15	3,24
170	10	1,34	2,14	1,78	1,33	2,62	3,22	3,33	3,38	2,43	3,03	3,13	3,2
170	15	1,31	2,07	1,71	1,28	2,62	3,22	3,31	3,35	2,43	3,03	3,12	3,18
170	20	1,29	2,03	1,67	1,26	2,61	3,21	3,3	3,34	2,42	3,02	3,11	3,17
170	25	1,27	1,99	1,63	1,23	2,61	3,21	3,28	3,32	2,42	3,02	3,1	3,15
170	35	1,23	1,9	1,54	1,18	2,6	3,2	3,25	3,28	2,41	3,01	3,08	3,12
170	50	1,19	1,81	1,46	1,14	2,58	3,18	3,22	3,24	2,4	3,01	3,06	3,08
170	75	1,14	1,7	1,37	1,1	2,57	3,17	3,19	3,19	2,4	3	3,04	3,05
180	5	1,29	2,1	1,81	1,35	2,57	3,17	3,33	3,37	2,38	2,97	3,09	3,2
180	10	1,23	1,98	1,66	1,24	2,55	3,15	3,28	3,32	2,35	2,96	3,07	3,15
180	15	1,2	1,92	1,59	1,19	2,55	3,15	3,25	3,29	2,35	2,96	3,05	3,12
180	20	1,18	1,88	1,55	1,17	2,54	3,14	3,24	3,28	2,35	2,95	3,04	3,11
180	25	1,16	1,84	1,51	1,14	2,54	3,14	3,23	3,26	2,35	2,95	3,03	3,09
180	35	1,12	1,76	1,43	1,09	2,53	3,13	3,2	3,22	2,34	2,94	3,01	3,06
180	50	1,09	1,67	1,35	1,05	2,51	3,11	3,17	3,19	2,33	2,93	2,99	3,02
180	75	1,03	1,57	1,26	1,01	2,49	3,1	3,13	3,14	2,32	2,92	2,97	2,99
190	5	1,19	1,95	1,69	1,27	2,5	3,11	3,28	3,32	2,29	2,9	3,03	3,15
190	10	1,13	1,84	1,55	1,16	2,48	3,09	3,23	3,27	2,28	2,89	3	3,1
190	15	1,1	1,78	1,49	1,11	2,48	3,08	3,2	3,24	2,28	2,88	2,98	3,07
190	20	1,09	1,75	1,45	1,09	2,47	3,07	3,19	3,23	2,27	2,88	2,98	3,06
190	25	1,07	1,71	1,41	1,06	2,47	3,07	3,17	3,21	2,27	2,88	2,97	3,04
190	35	1,03	1,63	1,33	1,01	2,46	3,06	3,14	3,17	2,26	2,87	2,95	3
190	50	1	1,55	1,26	0,97	2,44	3,04	3,1	3,14	2,25	2,86	2,93	2,97
190	75	0,96	1,46	1,17	0,91	2,43	3,03	3,07	3,09	2,25	2,85	2,91	2,93
200	5	1,1	1,81	1,6	1,2	2,44	3,04	3,23	3,27	2,23	2,83	2,97	3,1
200	10	1,05	1,7	1,46	1,1	2,42	3,02	3,18	3,22	2,22	2,82	2,95	3,05
200	15	1,02	1,65	1,4	1,05	2,42	3,02	3,15	3,19	2,22	2,82	2,93	3,02
200	20	1,01	1,62	1,36	1,02	2,41	3,01	3,14	3,18	2,21	2,81	2,92	3,01
200	25	0,99	1,59	1,33	0,99	2,4	3,01	3,12	3,16	2,21	2,81	2,91	2,99
200	35	0,96	1,52	1,25	0,94	2,39	3	3,09	3,12	2,2	2,8	2,89	2,95
200	50	0,92	1,44	1,18	0,89	2,38	2,98	3,08	3,09	2,19	2,79	2,87	2,92
200	75	0,89	1,36	1,1	0,84	2,36	2,96	3	3,04	2,18	2,78	2,85	2,88

(Sumber: Departemen Pemukiman & Prasarana Wilayah, Perencanaan Perkerasan Jalan Lentur, 2003)

Lampiran 5 Data Tingkat Inflasi 5 Tahun Terakhir

Bulan	Tingkat Inflasi
Juni 2019	4,37%
Mei 2019	3,23%
April 2019	2,83%
Maret 2019	2,48%
Februari 2019	2,57%
Januari 2019	2,82%
Desember 2018	3,13%
Nopember 2018	3,58%
Oktober 2018	3,31%
Sep-2018	3,07%
Agustus 2018	3,20%
Juli 2018	3,21%
Juni 2018	3,45%
Mei 2018	3,33%
April 2018	3,60%
Maret 2018	4,45%
Februari 2018	4,42%
Januari 2018	4,14%
Desember 2017	3,35%
Nopember 2017	4,89%
Oktober 2017	6,25%
Sep-17	6,83%
Agustus 2017	7,18%
Juli 2017	7,26%
Juni 2017	7,26%
Mei 2017	7,15%
April 2017	6,79%
Maret 2017	6,38%
Februari 2017	6,29%
Januari 2017	6,96%
Desember 2016	8,36%
Nopember 2016	6,23%
Oktober 2016	4,83%
Sep-16	4,53%
Agustus 2016	3,99%
Juli 2016	4,53%
Juni 2016	6,70%

Lanjutan Lampiran 5 Data Tingkat Inflasi 5 Tahun Terakhir

Mei 2016	7,32%
April 2016	7,25%
Maret 2016	7,32%
Februari 2016	7,75%
Januari 2016	8,22%
Desember 2015	8,38%
Nopember 2015	8,37%
Oktober 2015	8,32%
Sep-15	8,40%
Agustus 2015	8,79%
Juli 2015	8,61%
Juni 2015	5,90%
Mei 2015	5,47%
April 2015	5,57%
Maret 2015	5,90%
Februari 2015	5,31%
Januari 2015	4,57%
Desember 2014	4,30%
Nopember 2014	4,32%
Oktober 2014	4,61%
Sep-14	4,31%
Agustus 2014	4,58%
Juli 2014	4,56%

(Sumber: <http://www.bi.go.id/en/moneter/inflasi/data/Default.aspx> ,diakses Mei, 2019)

Lampiran 1. Data Harga Satuan Upah Tahun 2018/2019

NO.	URAIAN TENAGA	SATUAN	UPAH (Rp.)
1	Tukang kayu	hari	91.000
2	Kepala tukang kayu	hari	99.000
3	Tukang batu	hari	89.000
4	Kepala tukang batu	hari	94.000
5	Tukang besi	hari	90.000
6	Kepala tukang besi	hari	94.000
7	Tukang las	hari	89.000
8	Kepala tukang las	hari	99.000
9	Tukang cat	hari	83.000
10	Kepala tukang cat	hari	91.000
11	Pekerja	hari	90.000
12	Mandor	hari	110.000
13	Pengawas / Ahli Teknik	hari	205.000
14	Ahli ukur	hari	192.000
15	Asisten ahli ukur	hari	164.000
16	Tukang gali	hari	75.000

*(Sumber: Pekerjaan Umum, Dokumen Estimasi Biaya Kontruksi 2018/2019
Yogyakarta.)*

**PENERAPAN METODE ANALISA MANFAAT BIAYA PADA PERENCANAAN
JALUR EVAKUASI MENGGUNAKAN JALUR FLEXIBLE PAVEMENT
(APPLICATION OF THE BENEFITS ANALYSIS METHOD IN EVACUATION PATH
PLANNING USING THE FLEXIBLE PAVEMENT ROAD)**

Ary Bagus Setiawan¹, Fitri Nugraheni²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas
Islam Indonesia

Email: 13511184@students.uui.ac.id

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas
Islam Indonesia

Email: 005110101@staf.uui.ac.id

Abstract

Infrastructure plays an important role as a system designed and implemented in such a way as to provide basic public services. One of the infrastructure that plays an important role is in the field of transportation, namely public roads. The Balong-Plosokerep road section is one of the regency road segments in Sleman Regency that are in a damaged or severely damaged condition. Therefore, a study is needed to determine the design of required pavement thickness, construction costs, life cycle costs of the pavement during the life of the plan, the benefits generated and the economic feasibility of the road before it is rebuilt.

Development of Building Construction The Pavement Design of Flexible defines road pavement as a road structure intended for traffic located on the subgrade with PT T-01-2002-B guidelines issued by the Directorate General of Highways of the Ministry of Public Works. Meanwhile, to calculate the construction construction costs, the Bina Marga 2017 Work Unit Price Analysis guidelines are used. Finally, to find out the economic feasibility of the road segment, the Cost-Benefit Analysis method is used as an approach in assessing the feasibility of a project aimed at public interest. The data needed to design the thickness of road pavement is the traffic data that is assumed to be the same as the Suruh-Singlar road segment. Whereas to calculate construction work costs, data on unit prices of wages, materials and tools are used in 2018/2019. the last is to estimate the care costs for the 0 year or the initial year of the plan from the ninth year of care. In order to calculate the vehicle operating costs, the unit price data of units of vehicle operating costs are used, such as the price of fuel, oil, vehicles, tires and others based on market price surveys.

The results showed that the required flexible pavement thickness was AC-WC 3cm, AC-BASE 3.5 cm, and class A foundation layer 25cm. The construction cost needed to construct the rigid pavement is as big as the life cycle of Rp4.176.979.722,00. flexible pavement the planned life of Rp5.057.844.104,00. The benefits obtained in terms of savings in operating costs for non-fixed costs are Rp12.008.312.381,00.

Keywords: Analysis of cost benefits, life cycle costs, flexible pavement.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang rentan mengalami bencana alam yang disebabkan bencana alam yang disebabkan oleh beberapa faktor-faktor seperti banjir, tsunami, gempabumi, tanah longsor, letusan gunung berapi. Frekuensi kejadian bencana tersebut bisa dikatakan tidak sedikit, dalam hal ini

kesiapsiagaan tindakan yang dilakukan dalam rangka mengantisipasi suatu bencana untuk memastikan bahwa tindakan yang dilakukan dapat dilaksanakan secara tepat dan efek pada saat setelah bencana dan upaya pemilihan kembali ke kondisi normal.

Erupsi letusan Gunung Merapi pada tahun 2010 dengan intensitas yang

besar memberikan dampak tantangan untuk melakukan antisipasi evakuasi kedepannya. Jalur evakuasi haruslah dapat melayani masyarakat dengan cepat dan efisien. Standar Jalur evakuasi dan titik kumpul telah ditentukan oleh instansi pemerintah seperti Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dan Badan Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian dan Bencana Geologi (BPPTKG) dengan parameter-parameter yang telah ditentukan menjadi acuan tingkat keefektifan jalur evakuasi tersebut.

Pengerjaan Jalur evakuasi dibuat berdasarkan ketentuan serta pertimbangan yang matang untuk dapat memfasilitasi masyarakat terdampak bencana. Jalur evakuasi yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat bertujuan untuk meminimalisir kerugian dan jumlah korban yang diakibatkan oleh bencana. Dengan adanya Jalur Evakuasi diharapkan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana sehingga tindakan cepat bagi masyarakat untuk menyelamatkan diri dan mengamankan harta benda saat adanya peringatan dini bencana Gunung Merapi.

Berdasarkan dari latar belakang yang telah disampaikan di atas yang dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana desain jalur evakuasi Balong-Ploso kerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?
2. Bagaimana menghitung biaya konstruksi (*initial cost*) yang sesuai pada jalur evakuasi Balong-Plosokerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?

3. Bagaimana menghitung manfaat (*benefit*) jalur evakuasi Balong-Ploso kerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memperoleh desain jalur evakuasi Balong-Plosokerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?
2. Mengetahui biaya konstruksi konstruksi (*initial cost*) yang sesuai pada jalur evakuasi Balong-Plosokerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?
3. Mengetahui manfaat (*benefit*) jalur evakuasi Balong-Plosokerep dengan menggunakan metode *flexible pavement*?

2. LANDASAN TEORI

2.1 Manajemen

Manajemen dapat diartikan sebagai kemampuan untuk mendapatkan suatu hasil dalam rangka mencapai tujuan melalui kegiatan sekelompok orang atau organisasi. Dengan pengertian ini tujuan perlu ditetapkan terlebih dahulu, sebelum melibatkan sekelompok orang atau organisasi yang memiliki keahlian dalam mencapai suatu hasil tertentu dengan batasan-batasan tertentu (Djojowirono, 2005).

2.2 Proyek

Proyek adalah sebuah gabungan dan sumber daya manusia, material, peralatan, modal atau biaya dan segala bentuk perlengkapan dari proyek yang dihimpun dalam sebuah wadah organisasi atau pekerjaan yang memiliki tujuan atau hasil akhir yang sudah menjadi *planning* (Husen, 2009).

2.3 Manajemen Proyek

Manajemen Proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu serta keselamatan kerja (Husen, 2009).

2.4 Jenis dan Fungsi Lapisan Perkerasan

Infrastruktur perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan pengikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen dan tanah liat.

2.6 Metode Analisa Komponen Perkerasan Bina Marga 2017

Infrastruktur jalan di Indonesia telah berkembang dari tahun ke tahun. Dalam rangka peningkatan dan pengembangan kinerja jalan untuk pelaksanaan kegiatan pekerjaan konstruksi jalan guna menjamin kualitas perkerasan jalan, Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga mengeluarkan draft manual desain perkerasan jalan pada tahun 2013 yang kemudian dilakukan revisi pada tahun 2017 menjadi manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017.

2.7 Ekonomi Teknik

Analisa ekonomi teknik adalah beberapa metode yang digunakan untuk menganalisis alternatif-alternatif mana yang harus dipilih secara sistematis, sesuai dengan kondisi-kondisi tertentu. Alternatif-alternatif itu timbul karena adanya keterbatasan dari sumber daya

2.5 Struktur Perkerasan Lentur

Penelitian ini menggunakan Pedoman Manual desain perkerasan jalan 2017 sebagai pedoman dalam mendesain atau merancang perkerasan lentur pada ruas jalan di Daerah Istimewa Yogyakarta.

Metode perencanaan lentur sendiri didasarkan pada:

1. Perkiraan lalu lintas dan komposisinya selama umur rencana
2. Kekuatan tanah dasar yang dinyatakan dengan CBR
3. Kekuatan lentur yang digunakan
4. Jenis bahu jalan
5. Jenis perkerasan
6. Jenis penyaluran beban

Berikut akan dijelaskan persyaratan teknis dari perencanaan perkerasan lentur yang dibagi menjadi beberapa poin.

(manusia, material, uang, mesin, kesempatan, dll). Analisa ekonomi teknik melibatkan pembuatan keputusan terhadap berbagai penggunaan sumber daya yang terbatas.

2.8 Analisis Manfaat Biaya

Seperti yang dijelaskan diatas analisis manfaat biaya (*benefit cost analysis*) adalah analisa yang sangat umum digunakan untuk mengevaluasi proyek-proyek yang dibiayai oleh pemerintah. Analisis manfaat dan biaya ini ditujukan untuk mencari nilai dari perbandingan antara manfaat dan biaya atau yang biasanya disebut *Benefit Cost Ratio (B/C Ratio)*.

3. METODELOGI

Penelitian ini menggunakan metode *Benefit Cost Ratio* dimana kita akan mengetahui bahwa pelaksanaan proyek pembangunan jalan dikatakan

layak jika diketahui nilai $BCR > 1$, dan dikatakan tidak layak jika nilai $BCR < 1$.

Berdasarkan itu jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis penelitian deskriptif. Hal itu dikarenakan penelitian ini bersifat faktual dan ditujukan untuk menjelaskan sifat-sifat dari suatu subjek yang diteliti yakni cakupan manfaat (*benefit*), biaya (*cost*) dan kelayakan dari rencana pembangunan perkerasan jalan kaku di ruas jalan yang diteliti.

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Lalu Lintas

Data lalu lintas ruas Jalan Dusun Balong-Ploso Kerep adalah data sekunder yang didapat dari laporan satuan kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional D.I.Yogyakarta tahun 2018. Jalan Dusun Balong Ploso Kerep merupakan rute yang sering dilewati kendaraan bermuatan, ruas Jalan kecamatan Cangkringan Sleman Yogyakarta.

4.2 Data Nilai CBR

Data nilai CBR adalah data sekunder yang didapat dari perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional D.I.Yogyakarta. Tabel pengujian menggunakan Dynamic Cone Penetrrometer (DCP) dapat dilihat pada Lampiran 4. Nilai CBR tanah dasar (CBR redaman) untuk Jalan Dusun Balong-PlosoKerep adalah 10,08%

4.3 Metode Bina Marga 2017

Perancangan kebutuhan lapis perkerasan lentur menggunakan Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017 memerlukan beberapa tahap penyelesaian. Adapun tahapan dari metode ini adalah :

1. Umur Rencana Jalan
Berdasarkan Tabel 3.1, untuk jenis perkerasan lentur dengan elemen perkerasan aspal menggunakan umur rencana 20 tahun dari tahun 2019 sehingga akan habis masa pelayanan pada tahun 2039.

2. Nilai Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i)

Berdasarkan Tabel 3.2, dapat dilihat bahwa Jalan Dusun Balong-Ploso Kerep termasuk pada kelas arteri perkotaan daerah Jawa sehingga faktor pertumbuhan lalu lintas (i) adalah 1,00%.

3. Nilai Faktor Penggali Pertumbuhan Lalu Lintas

Untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R &= \frac{(1+0,01.i)^R-1}{0,01.i} \\ &= \frac{(1+0,01.1)^{20}-1}{0,01.1} \\ &= 22,019003 \end{aligned}$$

4. Nilai Faktor Distribusi Arah (DD) dan Faktor Distribusi Lajur (DL)
Beban lalu lintas pada lajur rencana dinyatakan dalam kumulatif beban gandar standar (ESA) dengan memperhitungkan faktor distribusi arah (DD) dan faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL). Untuk Jalan Dusun Balong-PlosoKerep yang menggunakan sistem dua arah, faktor distribusi arah (DD) umumnya diambil 0,50. Sedangkan untuk faktor distribusi lajur kendaraan niaga (DL), Jalan Dusun Balong-PlosoKerep bernilai 1 adalah 100% karena jumlah lajur per arah adalah 1.

5. Perkiraan Faktor Ekvivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*)

Untuk menghitung faktor kerusakan jalan atau yang biasa disebut dengan *Vehicle Damage Factor* (VDF) perlu diperoleh gambaran tentang beban sumbu kendaraan dan konfigurasi sumbu kendaraan yang ada. Pada Manual Desain Perkerasan Jalan Lentur No 02/M/BM/2017, VDF dibedakan menjadi VDF⁴ dan VDF⁵ sehingga nantinya akan membedakan hasil Beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) menjadi CESA₄ dan CESA₅. CESA₄ digunakan untuk menentukan pemilihan jenis perkerasan sedangkan CESA₅ digunakan untuk menentukan tebal perkerasan lentur berdasarkan bagan desain yang disediakan Manual Desain Perkerasan Jalan Lentur No 02/M/BM/2017. Untuk menentukan nilai VDF dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis kendaraan yang dapat kita lihat pada Tabel 3.5. Berdasarkan Tabel 3.5 dapat disimpulkan bahwa masing-masing klasifikasi tiap kelas jalan memiliki VDF₄ dan VDF₅ yang berbeda-beda. Berikut ini adalah contoh perhitungan kendaraan pada golongan 6a.

$$\begin{aligned} \text{ESA}_4 &= (\sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times \text{VDF}_4) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R} \\ &= (45 \times 0,55) \times 365 \times 0,5 \times 0,55 \times 22,019003 \\ &= 54701,3963 \end{aligned}$$

$$\text{ESA}_5 = (\sum_{\text{jenis kendaraan}} \text{LHRT} \times$$

$$\text{VDF}_5) \times 365 \times \text{DD} \times \text{DL} \times \text{R}$$

$$\begin{aligned} &= (45 \times 0,55) \times 365 \times 0,5 \\ &\times 0,55 \times 22,019003 \\ &= 54701,3963 \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Nilai CESA₄ dan CESA₅

Jenis Kendaraan	LHR	R	Jml Hari	DD	DL	VD F ₁	VDF ₅	Esal ₁	Esal ₅
Gol 1,2,3,4	77	77	22,019003	365	0,5	0	0	0	0
Gol 5a	0	0	22,019003	365	0,5	0,3	0,2	0	0
Gol 5b	0	0	22,019003	365	0,5	1	1	0	0
Gol 6a	45	45	22,019003	365	0,5	0,55	0,55	54701,3963	54701,3963
Gol 6b	58	58	22,019003	365	0,5	4	5,1	3729138,348	4754651,394
Gol 7a	0	0	22,019003	365	0,5	4,7	6,4	0	0
Gol 7b	0	0	22,019003	365	0,5	9,4	13	0	0
Gol 7c	0	0	22,019003	365	0,5	7,4	9,7	0	0
CESA								3783839,744	4809352,79

Maka dari perhitungan seperti yang tampak pada Tabel 5.3 di atas didapat nilai :

1. CESA₄ = 3783839,744 Esal
2. CESA₅ = 4809352,79 Esal
6. Menentukan Tipe Perkerasan
Pemilihan jenis perkerasan berdasarkan hasil beban sumbu standar kumulatif atau *Cumulative Equivalent Single Axle Load* (CESA) yang diperoleh sebelumnya, maka dapat dilakukan penentuan jenis perkerasan.

Tabel 4.2 Ketentuan Pertimbangan Jenis Desain Perkerasan

Struktur Perkerasan	Bagan desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain)				
		0 - 0,5	0,1 - 4	>4 - 10	>10 - 30	>30 - 200
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5%)	4	-	-	2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC, modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
Bordis atau Burtu dengan LPA Kelas A atau buatan asli	5	3	3	-	-	-
Lapis Fondasi Soil Cement	6	1	1	-	-	-
Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Dengan nilai CESA₄ sebesar 3783839,744 Esal jika dimasukkan

ke dalam **Tabel 5.4**, jenis perkerasan yang didapat adalah AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir modifikasi dengan (ESA pangkat 4). Aspal modifikasi direkomendasikan digunakan untuk lapis aus (*wearing course*) untuk jalan dengan repetisi lalu lintas selama 20 tahun melebihi 10 juta ESA. Tujuan dari penggunaan bahan pengikat aspal modifikasi adalah untuk memperpanjang umur pelayanan dan umur dan ketahanan deformasi lapis permukaan akibat lalu lintas berat.

7. Mendesain Tebal Perkerasan Jalan maka dengan nilai CESA5 sebesar 4809352,79

Tabel 4.3 Desain Perkerasan Lentur-Aspal Lapis Pondasi Berbutir

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ CESA _s)	FF1 < 0,5	0,5 ≤ FF2 ≤ 4,0
	HRS atau Penetrasi makadam	HRS
Jenis permukaan		
Struktur perkerasan	Tebal perkerasan (mm)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA Kelas A	150	25
LFA Kelas A atau LFA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10% ³	150	12
		5

AC WC = 3 cm

AC Base = 3,5 cm

LPA Kelas A = 25 cm

Nilai tebal perkerasan diatas dapat disesuaikan dengan tebal lapis pondasi agregat kelas A pada Tabel 3.10 untuk tanah dasar yang memiliki nilai CBR ≥ 7 %. Dengan nilai CBR sebesar 10,08 maka dapat dilakukan penyesuaian tebal lapis pondasi agregat A untuk tanah dasar CBR >10% sehingga tebal LPA menjadi 250 mm.

Setelah mendapatkan desain dan menentukan perhitungan tipe perkerasan

setelah itu akan mendapatkan hasil AC-WC, AC-BASE, dan Lapis Pondasi kelas A. Berikut hasil perhitungan Analisis harga satuan.

Tabel 4.4 Jumlah Harga Satuan Pekerjaan

No	Analisis Satuan Pekerjaan	Volume	Jumlah Harga
1	Lapis pondasi agregat A	1500 m ³	Rp321.906,2249 / m ³
2	AC-BASE	210 m ³	Rp868.143,773 / m ³
3	AC-WC	180 m ³	Rp1.019.992,183 / m ³
Jumlah Harga			Rp2.210.042,181 / m ³

Berdasarkan perhitungan **Tabel 5.9** tersebut maka harga satuan pekerjaan perkerasan lentur adalah Rp 2.210.042,181/m³. Seperti yang diketahui perkerasan jalan yang direncanakan mempunyai lebar 4m dengan panjang 1500 m dan tebal 0,315 m. Luas penampang perkerasan yang diperoleh dari aplikasi Autocad 2017 adalah sebesar 1,260 m². Volume perkerasan lentur didapat dari panjang jalan dikali dengan luas penampang jalan. Sehingga panjang jalan 1500 m dikali dengan penampang jalan seluas 1,260 m² didapatkan hasil volume perkerasan sebesar 1890 m³.

Berdasarkan **Tabel 5.9** maka biaya pekerjaan perkerasan jalan lentur dapat diperoleh dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Sehingga total biaya pekerjaan perkerasan jalan lentur yang didapat dari 1890 m³ x Rp2.210.042,181 adalah sebesar Rp 4.176.979.722,00.

Hasil perhitungan nilai sekarang dari perawatan tersebut ditambah dengan nilai konstruksi awal Rp 4.176.979.722,00. dari perkerasan merupakan biaya siklus hidup perkerasan lentur ruas Balong-Plosokerep didapat biaya perawatan selama 20 tahun sebesar Rp 880.864.381,7.

Maka selanjutnya diperoleh biaya siklus hidup perkerasan sebesar Rp5.057.844.104,00 Total biaya

sekarang perkerasan selama umur rencana ini nanti akan dimasukkan dalam rumus analisis manfaat biaya (B/C) yang dimana untuk benefit dari perkerasan akan dijelaskan dalam subbab selanjutnya.

Setelah mendapatkan hasil biaya perawatan selama 20 tahun untuk biaya konstruksi awal selanjutnya akan menghitung biaya perawatan operasional kendaraan (BOK) tidak tetap. Penghematan BOK tidak tetap jika dibangun perkerasan jalan baru adalah sebesar Rp 12.008.312.381,00 selanjutnya dapat dicari nilai rasio B/C dari perkerasan jalan baru yang akan dijelaskan dalam subbab berikut.

4.4 ANALISIS MANAAT BIAYA

Setelah dilakukan perhitungan data-data pada langkah sebelumnya maka langkah terakhir dari analisa data ini adalah menentukan nilai *benefit cost ratio* (BCR), dengan reka[itulasi] hasil sebagai berikut:

- Biaya nilai sekarang (*Cost present worth*) sebesar Rp5.057.844.104,00
- Manfaat nilai sekarang (*Benefit present worth*) sebesar Rp12.008.312.381,00
- Nilai sekarang pemeliharaan operasional (*operational maintenance present worth*) sebesar Rp 880.864.381,00

$$\begin{aligned} \text{Maka BCR} &= \frac{12.008.312.381 - (880.864.381)}{5.057.844.104,00} \\ &= \frac{11.127.448.000}{5.057.844.104,00} \\ &= 2,20 \end{aligned}$$

Nilai BCR > 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa pelaksanaan proyek pembangunan jalan desa Dusun Balong-Plosokerep dikatakan layak.

5. KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian Penerapan Metode Analisa Manfaat-Biaya Pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Proyek Infrastruktur (Studi Kasus Ruas Jalur Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Sleman, Yogyakarta) adalah sebagai berikut:

1. Tebal perkerasan jalan lentur pada ruas jalan Balong-Plosokerep, Desa Umbulharjo, Kecamatan Cangkringan, Sleman, Yogyakarta berdasarkan Pt T-01-2002-B 2017 maka diperoleh tebal perkerasan AC-WC 3 cm, AC-BASE 3,5 cm dan Lapisan pondasi agregat kelas A 25 cm.
2. Berdasarkan perhitungan dengan mengacu pada pedoman Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Bina Marga biaya konstruksi (*initial cost*) perkerasan lentur yang diperoleh adalah sebesar Rp4.176.979.722,00. Sedangkan biaya siklus hidup selama umur rencana 20 tahun, dengan strategi perawatan *overlay* perkerasan berkala setiap 5 tahun, diperoleh sebesar Rp5.057.844.104,00
3. Manfaat pembangunan kembali ruas jalan tersebut dihitung dari segi penghematan biaya operasi kendaraan yaitu dengan membandingkan biaya operasi kendaraan *without project* dan *with project*. Berdasarkan itu diperoleh total penghematan biaya operasi kendaraan selama umur rencana 20 tahun sebesar Rp12.008.312.381,00.

6. SARAN

Dari hasil penelitian dan kesimpulan-kesimpulan yang didapat, saran yang dapat disampaikan adalah:

1. Perkerasan Lentur dapat menjadi salah satu alternatif untuk diaplikasikan pada jalur evakuasi dilihat dari sisi penghematan biaya.
 2. Dalam analisis ini, data volume lalu lintas hanya menggunakan data sekunder, sehingga untuk hasil prediksi yang lebih handal perlu dilakukan analisis dengan data volume lalu lintas selama 1 (satu) tahun penuh atau menggunakan faktor penyesuaian bulan.
- Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.
Direktorat Jendral Bina Marga. 2017. *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.
- Djojowiriono, S. 2005. *Manajemen Konstruksi*. KMTS FT UGM. Yogyakarta
- Badan Pusat Statistik Provinsi D.I Y 2017. *Daerah Istimewa Yogyakarta Dalam Angka 2017*. Yogyakarta: Sinar Baru Offset
- Hardiyatmo, H. C. 2007. *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardwiyono, S. 2013. *Metode Pelaksanaan Perkerasan Jalan*. Retrieved May 14, 2017, from <http://thesis.umy.ac.id/datapubliknonthesis/EBUMY2275.pdf>
- Haryanto, I., & Utomo, H. B. (2012). *Bahan Ajar Perkerasan Jalan*. Retrieved May14, 2017, from https://www.academia.edu/23757103/BUKU_AJAR_MATA_KULIA_H_P_ERKERASAN_JALAN_RAYA
- Hasibuan, A. S.P. 2009. *Evaluasi Kinerja Lalu Lintas dan Kondisi Pekerjaan pada Jalur Evakuasi Merapi*.
- 7. DAFTAR PUSTAKA**
- Asiyanto. 2010. *Metode Konstruksi Proyek Jalan*. Jakarta: UI Press.
- Azwar, S. 1998. *Metode Penelitian* (1st ed.). Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Balai Pustaka. 2016. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Pedoman Perhitungan Biaya Operasi Kendaraan: 1. Biaya Tidak Tetap (Running Cost)*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2003. *Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2011. *Pedoman Konstruksi Bangunan Desain Perkerasan Jalan Lentur*.

- Husen, A. 2009. *Manajemen Proyek*. Andi. Yogyakarta [lic/ITS-paper-27664-3110105001-Paper.pdf](http://digilib.its.ac.id/ITS-paper-27664-3110105001-Paper.pdf)
- Menteri Pekerjaan Umum. (2016). *Permen PU-PR tentang Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*. Jakarta: Kementrian PU-PR
- Menteri Pekerjaan Umum. 2011. *Permen PU tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan*. Jakarta: Kementrian PU
- Kodoatie, R. J. 1995. *Analisis Ekonomi Teknik*. Yogyakarta: Andi
- Yogyakarta. Kuiper, E. 1971. *Water resources project economics*. London: Butterworths.
- Muthaer, A. M. M. 2012. Penerapan Metode Analisa Manfaat Biaya Pada Penilaian Kelayakan Pembangunan Infrastruktur Jalan.
- Wulandari, Y. A., & Kartika, A. G. 2012. Studi Kelayakan Jalan Arteri Lingkar Luar Barat Surabaya [Abstract]. *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1). Retrieved May 14, 2017, from <http://digilib.its.ac.id/pub>
- Pennsylvania Department of Transportation. 2015. *Publication 242*. Pennsylvania.
- Safarli. 2003. Analisa Perbandingan Biaya Pembuatan Jalan Baru Antara Perkerasan Kaku dan Lentur
- Sagita, G. D. 2011. Analisa Manfaat Biaya Pembangunan Jalan Arteri Raya Siring-Porong. *Jurnal Tugas Akhir*. Retrieved March 30, 2017, from <http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-3100011043555/16634>